



TITLE:

社会的公平化を目標とした水道の  
広域化と連絡管効果に関する計画  
論的研究( Dissertation\_全文 )

AUTHOR(S):

坂本, 弘道

---

CITATION:

坂本, 弘道. 社会的公平化を目標とした水道の広域化と連絡管効果に関する計画論的研究. 京都大学, 1989, 工学博士

ISSUE DATE:

1989-01-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r6772>

RIGHT:

社会的公平化を目標とした水道の広域化と  
連絡管効果に関する計画論的研究

昭和 63 年 8 月

坂 本 弘 道

# 社会的公平化を目標とした水道の広域化と 連絡管効果に関する計画論的研究

昭和 63 年 8 月

坂 本 弘 道

## 目

## 次

|   |    |
|---|----|
| はじめに .....  | 1  |
| 第Ⅰ編 広域水道の評価法に関する分析 .....                              | 3  |
| 第1章 広域配水システムの分析と考察 .....                              | 5  |
| 1-1 水道の歴史的考察 .....                                    | 5  |
| 1-1-1 わが国水道の発展経緯 .....                                | 5  |
| 1-1-2 広域水道の歴史的変遷 .....                                | 7  |
| 1-1-3 既設広域水道としての水道用水供給事業の発足<br>— アンケート分析とその結果 — ..... | 10 |
| 1-2 水道の現状考察 .....                                     | 27 |
| 1-2-1 今日の水道の課題 .....                                  | 27 |
| 1-2-2 水道の広域化に関する考察 .....                              | 31 |
| 1-3 まとめ .....   | 40 |
| 第2章 公平化を目標とした水道広域化の意義と本研究の目的 .....                    | 43 |
| 2-1 安定化の意味と意義 .....                                   | 43 |
| 2-2 公平性の意義と本研究の目的 .....                               | 46 |
| 2-3 まとめ .....   | 47 |
| 第3章 水道の社会的公平化を目標とした広域化に関する分析 .....                    | 49 |
| 3-1 既設水道の広域的特性分析 .....                                | 49 |
| 3-2 首都圏水道施設の均質性評価 .....                               | 62 |
| 3-3 水道事業の費用分析 .....                                   | 93 |



|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| 3-4   | まとめ                     | 101 |
| 第Ⅱ編   | 社会的公平化を目標とした連絡管効果のマクロ分析 | 103 |
| 第4章   | 広域化の限界に関する分析            | 105 |
| 4-1   | 市町村の水道の結合可能性評価          | 105 |
| 4-2   | 連絡管結合による市町村水道の効果        | 115 |
| 4-3   | 相互融通量からみた市町村の結合の効果      | 123 |
| 4-4   | まとめ                     | 145 |
| 第5章   | 富山県の水道における広域化計画の事例      | 147 |
| 5-1   | 富山県の広域水道の実態             | 147 |
| 5-2   | 富山県における水道事業の統合と連絡管の整備   | 149 |
| 5-3   | 富山県の水道広域化の方向            | 151 |
| 5-4   | まとめ                     | 165 |
| 第Ⅲ編   | 連絡管効果のミクロ分析             | 167 |
| 第6章   | 広域配水管網の近似解法の開発          | 169 |
| 6-1   | 二次元管網流の近似解法の提言          | 169 |
| 6-2   | 二次元管網流の近似解法の検証          | 178 |
| 6-3   | まとめ                     | 184 |
| 第7章   | 社会的公平化のための連絡管の効果に関する検討  | 185 |
| 7-1   | 公平度の尺度                  | 185 |
| 7-2   | 広域化の程度と被災状況の設定          | 188 |
| 7-3   | 詳細なモデルによる連絡管効果の定量化      | 197 |
| 7-3-1 | 計算の詳細                   | 197 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 7-3-2 | 計算結果                | 198 |
| 7-4   | 簡易モデルによる連絡管効果の定量化   | 213 |
| 7-4-1 | 簡易モデルの詳細            | 214 |
| 7-4-2 | 簡易モデルの検定と検証         | 217 |
| 7-4-3 | 簡易モデルによる給水充足率変化の解析  | 221 |
| 7-4-4 | 簡易モデルによる被災の公平化効果の検討 | 232 |
| 7-5   | まとめ                 | 242 |
| 第Ⅳ編   | 結論                  | 245 |
| 第8章   | 結論                  | 247 |
| 8-1   | 総括                  | 247 |
| 8-2   | 水道広域化計画の提言          | 250 |
| 8-3   | 残された課題              | 251 |
| おわりに  |                     | 253 |
| 参考文献  |                     | 254 |

はじめに

わが国の水道は、昭和40年代の急激な水需要を賄うための設備投資中心の時期からオイル危機の時期を経て、今日では需要水量の伸びも比較的落ちついている。今日までのわが国の水道は、普及の促進と、それに伴う水道施設の新設拡張工事を中心に進められてきた。

その結果、全国の水道普及率が90パーセントを越え、普及の面では一応の水準に達したといえることができるが、設備の内容等を総合的なシステムとしてみた場合、種々の課題を抱えている。例えば、水道水源の不足から生ずる断水や制限給水、地域毎の給水圧の不均衡、施設の老朽化と漏水、原水水質の悪化に伴う浄水操作の困難性、料金格差等は既設水道が潜在的に抱えている課題である。

筆者は、昭和40年以来、水需要急増期から安定期に至るまで、厚生省、経済企画庁、富山県庁において一貫して水道に関する調査、研究等の業務に携わってきた。その間、国においても積極的に進められてきた水道の広域化に深い関心を持ち、その都度、その考え方等について取りまとめを行ってきた。特に、水道の普及が一定の水準に達し、水道水の需要の伸びが安定してきた今日、未普及地域への水道の普及を進めながらも、既設水道の質的な向上を計る必要があると痛感している。

すなわち、水道の質的向上を図る上で、安定的な水道水の供給は大きな要素と考えている。安定的な水道水の供給が水道の質的向上にいかなる影響を及ぼすか、また、水道の広域化と安定的な水道水の供給との関係を中心に本論文を取りまとめた。

第1章では、実際の水道事業を分析対象としつつ、事業目標の歴史的変化、既設水道の抱えている問題点等から今後の水道事業を進める上で各事業が安定化を目標とすることの重要性を明らかにし、特に各地の水道が社会的に平等な水道、公平な水道として発展することの重要性を指摘する。

第2章では、水道の安定化のための広域化に関する基本的な検討として、安定化の意味と意義、公平性の意義について述べる。

第3章では、水道の社会的公平化と広域化規模に関する分析として、既設の水道の広域的特性分析を行うとともに、わが国の代表的な都市圏域である首都圏における水道施設の均質性評価、全国の水道事業の費用分析を行う。

第4章では、近畿圏を取り上げて水道の広域化の限界について分析する。

第5章では、富山県の水道を取り上げて広域化計画の事例研究を行う。

第6章では、広域管路網を従来のハーディクロス法に代わって一括して解く近似解法を開発し、この解析法を用いて広域水道言い替えれば平等な水道を実現する上での各事業体間を連絡し緊急時等に備えるいわゆる連絡管の効果を定量化する。

第7章では、第6章で開発した管網解析法を活用しつつ富山県の水道を例にとって社会的公平化のための連絡管の効果に関する検討を行う。まず、富山県の水道における広域化計画の事例を分析し、つぎに詳細モデルと簡易モデルによる連絡管の効果について検討を行う。

## 第 I 編 広域水道の評価法に関する分析

## 第1章 広域配水システムの分析と考察

### 1-1 水道の歴史的考察

#### 1-1-1 わが国水道の発展経緯

##### (1) 水系伝染病対策期

明治20年、横浜市にわが国に初めて近代的な水道が完成されて以来100年にして今日のような国民にとって不可欠な施設としての水道の姿を見るに至った<sup>1)2)</sup>。

わが国の水道が今日のような姿に至るまでの経緯について概観し、それぞれの段階でいかなる指標を重視してきたかを考察してみる。遠くは戦国時代から江戸時代の初期にかけて、主として城下町を中心に造られた自然流下方式を主体とした、いわば前近代的な水道施設の普及により、明治時代に至るまで地域の飲料水、生活用水として大いに役立った。特に、神田上水、玉川上水等により形成された江戸の水道は、当時世界第一の水道に値するものであったと言えよう。

しかしながら明治時代に入り、各国との往来が盛んになるにつれて水系伝染病、特に赤痢、コレラの流行は各地で多数の患者の発生と死者を出すに至った<sup>3)4)</sup>。このようなコレラ等水系伝染病の発生の原因には、江戸時代までに造られた前近代的な水道施設は塩素滅菌もなく無防備に近い状態で、伝染病対策の一環からも近代的、ヨーロッパ式の水道の建設が要望されるに至り、種々の経緯を経て明治20年にやっと横浜市に近代水道第1号の完成を見た。

その後明治23年には水道条例<sup>5)6)</sup>の制定をみ、これが昭和32年の水道法の制定までわが国の水道の発展とともに歩んできた。この水道条例は、数回にわたり改正されたが、その底に流れる思想は条例制定時のものであり、大幅な改正ではなかった。この水道条例のもとに第2次世界大戦までのわが国の水道は、東京を初め、主として大都市、港町において建設が進められた。この時代の水道は、伝染病の防止等、公衆衛生対策を中心にした都市施設として建設が進められたといえる。

##### (2) 戦後の復興期

わが国は、第2次世界大戦により大都市を中心に水道施設は壊滅的な打撃を受け、昭和20年代の前半は漏水防止対策が各都市の水道事業の主な仕事となり、新設、拡張工事には大きな進展が見られなかったところが多い。まさに戦災復興中心の時代であった。

しかし、これも戦後の種々の復興とともにまた活気を取り戻し、また、昭和27年には簡易水道に対する国庫補助制度<sup>7)</sup>が設けられ、水道は都市部のみならず農山村においても文化的生活の確保と、公衆、環境衛生施設設置を目標に全国的に水道の建設が進められることになった。ここにおいて、従来、水道施設が港町や都市を中心に、都市施設としてその普及が進められていたものを農山漁村にまで普及させるという、従来とは異なった物の考え方が出てきた。これは、都市のみならず農山漁村においても、快適な環境のもとに農漁業等の増産を図ろうという農山漁村振興策の一環として評価することができよう。

### (3) 高度経済成長期

このような機運とともに、従来の水道条例から新たに水道法<sup>8)</sup>を制定しこれからの日本の水道の方向を位置付けしようとする動きがみられ、昭和32年には水道法の制定を見た。

この水道法の制定により、水道用水供給事業、水質基準など従来の水道条例には見られなかった新たな観点からの条文も見られるようになった。

水道法が制定された頃と同時期にわが国の高度経済成長が始まり、それに並行して全国的に水道水の需要が急激な増加を見た。また、農山漁村や都市の近郊においても水道建設の機運が高まり、全国的な水道建設時期の到来を見るに至った。

その結果、従来同一の市町村の行政区域内の河川や井戸で賄われていることが多かった水道水源もそれだけでは賄いきれなくなり、隣接ないしは遥かに離れた他地域からの導水を余儀なくされるようになった。幾つかの市町村にまたがるいわゆる広域水道の建設が議論されだしたのもこの頃である。

一方、高度経済成長とともに、河川とりわけ都市河川の水質汚濁は各地で進行の一途をたどり社会問題化してきた。昭和31年に発生した江戸川流域の本州製紙の排水に伴う漁民との紛争等を契機として昭和33年には、「公共用水域の水質の保全に関する法律」<sup>9)</sup>と「工場排水規制法」<sup>10)</sup>の制定をみた。

水道水源は本来、河川上流や清浄な湖沼等に求めるべきものであるが、この時期に至り全国的に水道水源の汚濁が問題となりだし、また需要水量の急激な増加に対処するため、少々原水の汚濁が進んでいても水量確保優先のため水質面を犠牲にせざるを得ない場合もあった。汚濁の進んだ原水をいかにして水道水の水質基準に適合した水に仕上げるかということも1つのテーマになり、浄水技術においても進歩がみられた。

上記の水質関係2法では、その後の急激な公共用水域の水質汚濁に対応することが難しくなった。そこで、水質関係2法に替わるものとしてその後「水質汚濁防止法」<sup>11)</sup>が制定され、今日ではこの法律をもとにして河川等公共用水域の水質汚濁の防止と保全が図られている。また、昭和30年代の後半以降、急激な水道水の需要に対処するため遠隔地に

ダムや河口堰を建設し、広域的に水を供給せざるをえなくなった。このような状況に対応するため、厚生省は昭和42年度から水道水源等開発施設と水道広域化施設の建設に対し国庫補助金を交付し、その建設の促進及び誘導化が図られることになった<sup>12)</sup>。

水道の広域化については、昭和41年厚生大臣の諮問機関である公害審議会が「水道の広域化と水道の経営、特に経営方策に関する答申」<sup>13)</sup>を提出し、その中で将来の水道の広域化の姿を上げている。昭和42年度からの水道広域化施設の建設に対する国庫補助金の導入はこの答申に基づいて行われた。また、この公害審議会の名称を変えた生活環境審議会は昭和48年に「水道の未来像とそのアプローチ方策」<sup>14) 15)</sup>とする答申を行い、その中で広域水道圏の設定等、水道の広域化の今後の方向を具体的に上げている。昭和42年の答申では、水道の広域化の方向として全国数ブロックの組織を提言しているが、48年にはそのような組織を指向しながらも、1都道府県数ブロックの広域水道圏の設定等により現実的具体的な方向付けとなっている。

この答申に基づいて昭和52年には水道法の改正<sup>16)</sup>が行われ、広域的水道整備計画が条文に取り入れられた。わが国の水道の広域化は、これからこの広域的水道整備計画<sup>17)</sup>に基づいて進められることになり、現在すでに全国の20余か所において広域的水道整備計画が設けられている。合理性が追求され始めた段階とも位置付けできる。

#### 1-1-2 広域水道の歴史的変遷

以上は、水道全般にわたる歴史的変遷であるが、以下、特に本論文の主対象とも言い得る広域水道の変化についてその変遷に注目してみる。そこで、広域水道の時代的変遷を把握するために、時代を水道行政に関する法律の制定、改正時点によって以下の5期に区分する。

- (1) 昭和19年以前(戦前)
- (2) 昭和20年～昭和31年(戦後、水道法制定まで)
- (3) 昭和32年～昭和41年(水道法制定～)
- (4) 昭和42年～昭和51年(補助金制度発足～)
- (5) 昭和52年以降(水道法改正以降)

一部水道事業を含む水道用水供給事業について図にしたものが図1.1、図1.2であり、その時代別に特徴や代表的な広域水道等をまとめたものを表1.1に示す。図1.1と図1.2をもとに広域水道の歴史的経緯、特徴等について眺めてみよう。

まず戦前の広域水道は、末端給水では神奈川県営、千葉県営京葉地区、埼玉県南水道が発足しており、用水供給では阪神、備南水道がある。これらの広域水道の特徴は、首都圏、近畿圏等の水不足地域にあって、水不足解消のため比較的大規模な都市を中心に広範囲な



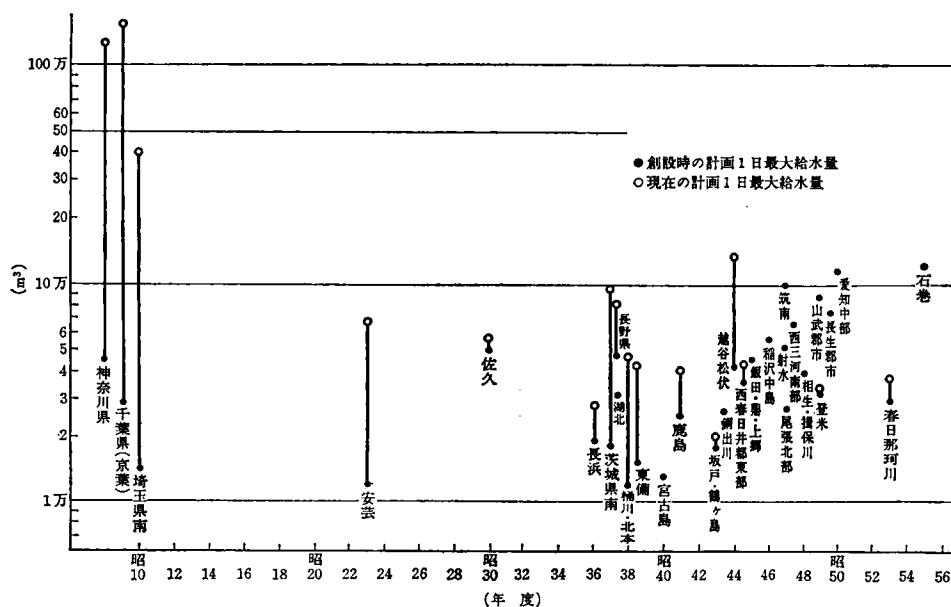


図 1. 1 広域的な水道事業の発足の歴史

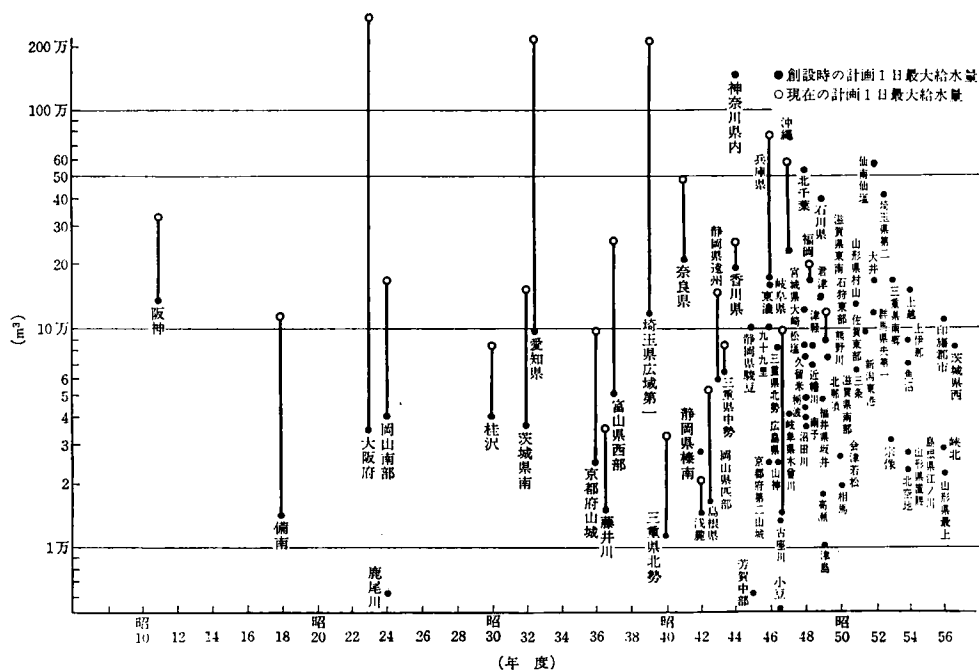


図 1. 2 水道用水供給事業の発足の歴史

表1.1 広域水道の変遷

| 年代        | 地 域 計 画  | 主な出来事            | 水道数と計画一日最大給水量 |           |          |           | 主 な 広 域 水 道                  |                                | 事業の特性的性格   |
|-----------|--|------------------|---------------|-----------|----------|-----------|------------------------------|--------------------------------|--|
|           |  |                  | 水 道 事 業       |           | 水道用水供給事業 |           | 水 道 事 業                      | 水道用水供給事業                       |  |
|           |  |                  | 水道数           | 給 水 量     | 水道数      | 給 水 量     |                              |                                |  |
| 明治<br>大正  |  | 明治(23年)<br>水道条例  | 箇所            | m³/日      | 箇所       | m³/日      | 神奈川県<br>千葉県京葉<br>埼玉県南(企)     | 阪神(企)<br>備前(企)                 | 首都圏・近畿圏等の水不足<br>地域で比較的大規模な都市<br>を中心とした大規模な広域<br>水道   |
| 昭和<br>20年 |  | (終戦)             | 4             | 267,000   | 2        | 149,000   |                              |                                |  |
| 30年       | (25年) 国土総合<br>開発法                                | 戦後復興期<br>資源開発期   | 2             | 62,000    | 4        | 121,000   | 安芸(企)<br>佐久(企)               | 大阪府<br>鹿尾川(組)<br>岡山南部<br>桂沢(企) | 末端供給は水道未普及地で<br>の比較的小規模の広域水道<br>水不足地域(水源不足、炭<br>鉱地等の需要増)での用水<br>供給事業発足                               |
| 40年       | (35年) 国民所得<br>倍増計画<br>(37年) 全国総合<br>開発計画         | 工業開発期<br>格左走正期   | 9             | 188,000   | 9        | 556,000   | 茨城県南(企)<br>海部南部(企)<br>宮古島(企) | 埼玉広域第1<br>愛知県                  | 末端供給は、普及率が低い<br>地域で比較的小規模(給水<br>人口5~10万人)な事業<br>用水供給は、首都圏、中部<br>圏、近畿圏で府県営の大規<br>模な事業が発足              |
| 50年       | (44年) 新全国総合<br>開発計画<br>(52年) 第3次全<br>国総合開<br>発計画 | 国土利用再編期<br>安定成長期 | 15            | 808,000   | 48       | 5,523,000 | 坂戸鶴ヶ島(企)<br>射水(企)<br>銅山川(企)  | 石狩東部(企)<br>神奈川県内(企)<br>広島県広島   | 末端供給は、低普及率、地<br>域格差の解消を目的とした<br>中規模(給水人口10万人、<br>5市町村程度)の事業発足<br>用水供給は水源開発を目的<br>として多様な規模で全国的<br>に発足 |
|           |  | (52年) 水道法改正      | 2             | 149,000   | 16       | 2,037,000 | 石巻(企)<br>春日那珂川(企)            | 宮城県仙南仙塩<br>群馬県第1<br>埼玉県第2      | 末端供給は中規模事業<br>用水供給は水源開発を主な<br>目的とし、広域的水道整備<br>計画に基づく事業が発足  |
| 合 計       |  |                  | 32            | 1,474,000 | 79       | 8,386,000 |                              |                                |  |

注1) 計画一日最大給水量は、各水道の創設時のものを時代別に合計したもので、時代別の新規の広域水道による給水量としての目安の数値となる。

注2) 首都圏水需給総合計画調査データより作成。

地域(給水人口約20万人以上)を対象とした広域化を行っていることである。

次に、戦後から昭和32年の水道法制定前までの時代における代表的水道は、末端供給では佐久、安芸水道があり、用水供給では桂沢、鹿尾川、大阪府営、岡山県南部用水供給事業がある。これらの特徴は、水道未普及地対策より発足したものや炭坑や工業地域にあって急激な水需要に応える必要性より発足したものが多くことである。

さらに、昭和32年から補助金制度が始まる前までの時代をみると、代表的水道は末端供給では茨城県南、海部南部、宮古島等であり、給水人口5万人程度の比較的小規模の広域水道が目立つ。一方、用水供給では、埼玉県広域第1、愛知県用水供給事業のような首都圏、中部圏で大規模な事業も発足している。

そして、補助金制度が始まる昭和42年から昭和52年の水道法改正前までの時代では代表的なものは末端供給では坂戸・鶴が島、射水、銅山川水道企業団、用水供給では石狩東部、神奈川県内、広島県営等がある。この時代の特徴は、末端供給においては地域格差の解消等を目的として、給水人口10万人、5市町村対象程度の中規模の水道が発足していることである。また、用水供給においては、主に水源開発を目的として全国的に多様な規模の広域水道が発足している。

昭和52年の水道法改正以降になると、代表的水道は末端供給では石巻（用水供給で発足し後に末端供給となる）用水供給では宮城県仙南仙塩、島根県江ノ川等が上げられる。この水道の特徴は広域的水道整備計画に基づく水道事業が現れてきたことである。

以上の時代別の水道事業を概観した結果をまとめると、末端供給事業では特に水不足地域での大規模な形態の広域水道がまず発足し、続いて未普及地対策を目的とした給水人口5万人程度の小規模な広域水道や格差是正を目的とした給水人口10万人程度の中規模の広域水道が発足している。一方、水道用水供給事業は、産業等による急激な水需要がもたらした水不足を解消するための水道がまず発足し、続いて府県内の広範囲の市町村を供給範囲とする広域水道や府県を数分割にした地域を供給範囲とする広域水道等も発足してその数は増えるに至った。そして全国的に水源開発の困難性が増し、広域水道の必要性が高まったことにより補助金制度が導入されると、その広域化の意欲が一挙に顕在化し、全国で種々の規模の水道用水供給事業が発足し現在に至っている。この時代は合理性が重視されてきたものと要約できる。

### 1-1-3 既設広域水道としての水道用水供給事業の発足

#### ーアンケート分析とその結果ー

わが国の広域水道がどのような経緯でもって建設され、いかなる目標のもとに事業が実施されているか分析する。

厚生省では、現在操業中ないしは創業認可を受けて建設を予定している全国の広域水道に対し、広域水道発足の経緯とその後の変化過程、今後の検討課題についてアンケート調査を実施した<sup>18)</sup>。尚、ここで複数の市町村の行政区域にまたがって水の供給を行っている水道用水供給事業または水道事業を広域水道ということにした。筆者は、このアンケート調査の企画、立案、分析に参画し、その結果は広域水道計画手法調査報告書としてまとめている。本文は主として本調査報告の資料を用いて既存広域水道の事業目標を分析したものである<sup>19) 20)</sup>。

#### 1) アンケート調査の内容

調査の目的は、全国の広域水道事業の成り立ちから変化過程、並びにその効用と今後の課題等を把握して、広域水道計画を検討する基礎資料を作成することを目的としている。

調査対象は、水道用水供給事業と計画給水人口5万人以上の都道府県営、企業団営の水道事業のうち昭和56年度末現在において設立認可を得ているものである。

調査事項には、事業の沿革、水道の広域化直前の状況、水道の広域化直前の問題点、事業の概要、事業実施の効用、今後の課題、地域特性を上げた。

なお、アンケートは全国の水道用水供給事業79か所、水道事業32か所の合計111か所について行い、回収率は100%であった。

## 2) アンケート調査の結果

### (1) 事業の区分、経営主体

水道用水供給事業と水道事業の数では図1.3に示すようにそれぞれ71.2%、28.8%と水道用水供給事業の数が圧倒的に多い。これは水道事業が市町村固有の事務として個々の市町村により建設経営されてきたことが基本となり数市町村を対象とした広域的な水道事業がなかなか設けられないことを反映している。特に個々の市町村の水道事業として進められてきた水道事業を統一して一つの水道事業とするには水道料金の格差等が大きな障害となっている。

一方、水道用水供給事業の場合は、各市町村の水道事業に用水を供給する卸売り事業であるから、地域全体の水道水の需給のバランスをとることを考えた場合比較的容易に設けることができる。特に水需要の急増した時期において水源の逼迫した地域では水道用水供給事業建設のラッシュが続き、これが今日の水道用水供給事業の増加状況を示している。

経営主体の別をみると、図1.4のように都道府県営41.4%、企業団営54.1%となっている。企業団営が都道府県営より多いのは広域水道事業の大部分が企業団営によるからであり、水道用水供給事業となると都道府県営が多い。

### (2) 対象市町村数

対象市町村数は市町村の数が多くなるにつれてその比率は小さくなっている。図1.5では水道用水供給事業と水道事業を合計して表しているのですがこのような傾向になっているが、その中身をみると、水道事業では、対象市町村数が比較的少なく、水道用水供給事業の方は多い傾向にある。

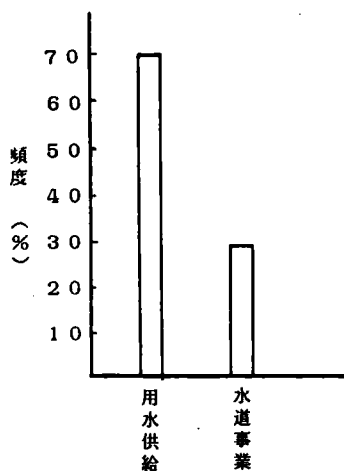


図1.3 事業の区分

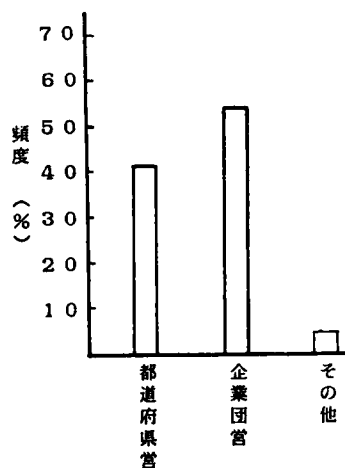


図1.4 経営主体の別

### (3) 認可年度

創設事業の認可年度は図1.6に示すように昭和42～51年が圧倒的に多い。この時期は水需要の急増期であり、その間に全国で主として水道用水供給事業が多く創設されたことによるものである。その余韻は昭和52年以降にも続き、また、昭和32～41年にも高度経済成長に伴う広域水道の建設増加の傾向が表れている。

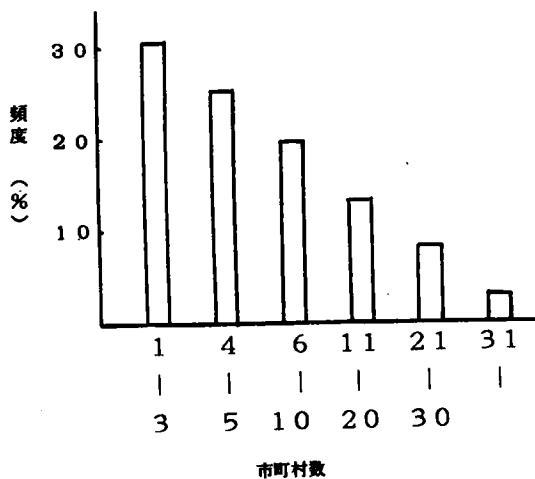


図1.5 供給対象市町村数

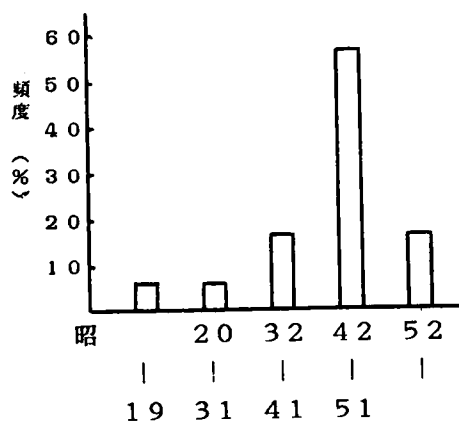


図1.6 認可年度

#### (4) 広域化発足直前の状況

広域化発足直前の普及率は図1.7に示す。これによると、普及率が81～100%が42.3%と高い。これは水道の普及率が高くなってきた比較的最近になって広域水道が数多く建設されてきたことによる。普及率が0～20%の場合が、11.7%あるということは古い時代における広域水道の創設によるものである。

公営水道の給水人口比率は図1.8のとおり、81～100%が半数余になっている。0～20%が10.8%等公営水道の少ない地域においても水道の広域化が進められてきたことが判る。

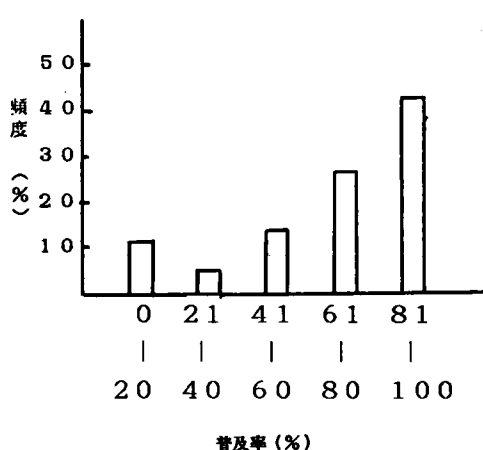


図1.7 広域化発足直前の普及率

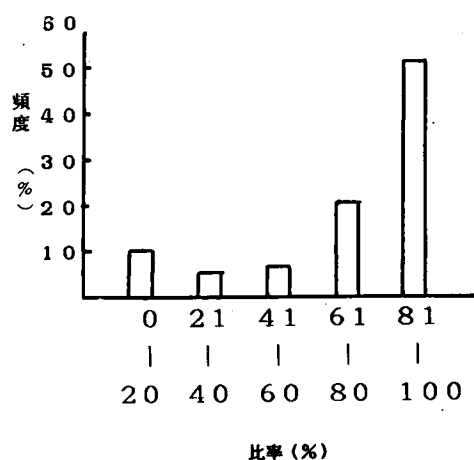


図1.8 広域化発足直前の  
公営水道の給水人口比率

簡易水道の給水人口の比率は、図1.9のように0～20%の間が69.4%である。すなわち、水道の広域化は簡易水道等、小規模水道を対象にして進められたというよりもむしろ上水道の給水区域を中心にして進められたということが判る。

計画給水人口では、図1.10のように、5.0～9.9万人が27.0%で一番多く、人口が多くなるにつれてその比率は小さくなっている。それでも100万人以上の給水人口を持つ広域水道が全体の8.1%を占めている。

給水市町村数では、図1.11のとおり、4～6市町村が全体の32.4%を占めている。3市町村以下も30.6%あり、比較的小規模のものが多。一方、21市町村以上にまたがるのも7.2%みられる。

計画一日最大給水量は、3万 $\text{m}^3$ /日未満のものが34.2%であり、あと50万 $\text{m}^3$ /日に至るまで18～24%の間で推移していることが判る。

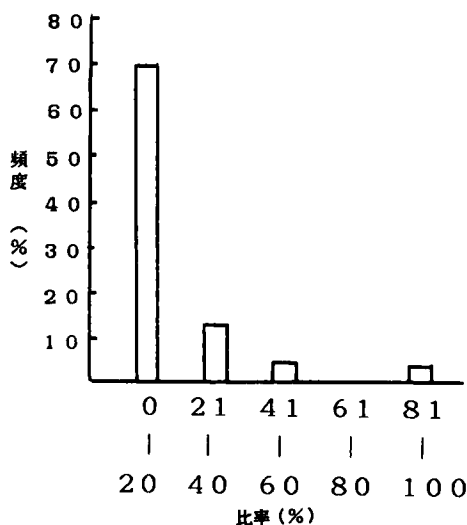


図1. 9 広域化発足直前の  
簡易水道給水人口比率

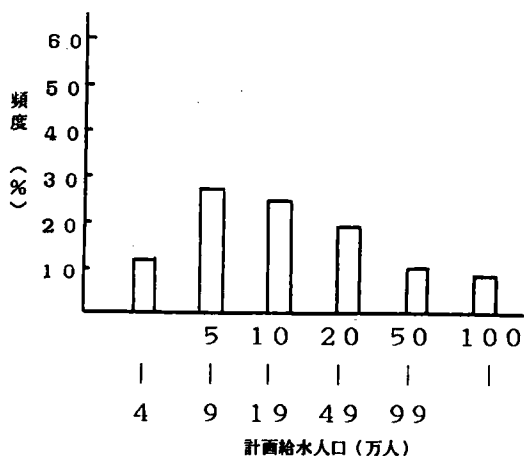


図1. 10 広域化発足時計画給水人口

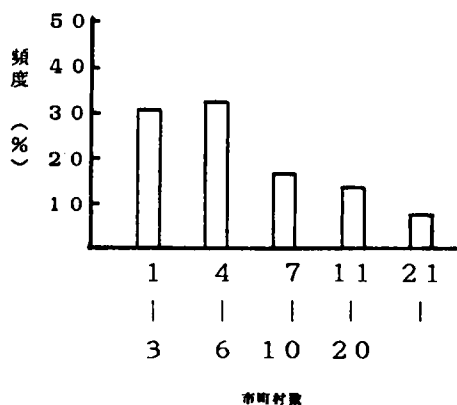


図1. 11 広域化発足時給水市町村数

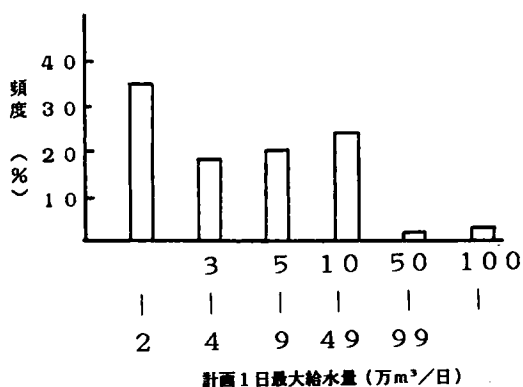


図1. 12 広域化発足時計画1日  
最大給水量

#### (5) 広域化直前の問題点

広域化直前の問題点は図1. 14のとおり、水需要の不均衡が60・3%の事業体で上げている。これに引き続いて地域格差、低い給水の安定性、低い普及率が続いている。また、地盤沈下や弱い財政的基盤、高料金を上げているところも16～18%見られる。水系伝染病を問題点として上げているところは少ない。これを各項目別にもう少し詳しく眺めてみる。

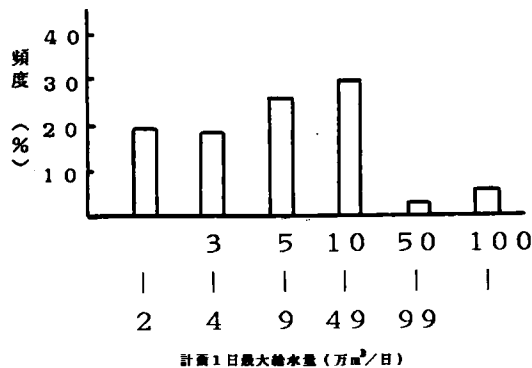


図1. 13 現在事業の計画1日最大給水量

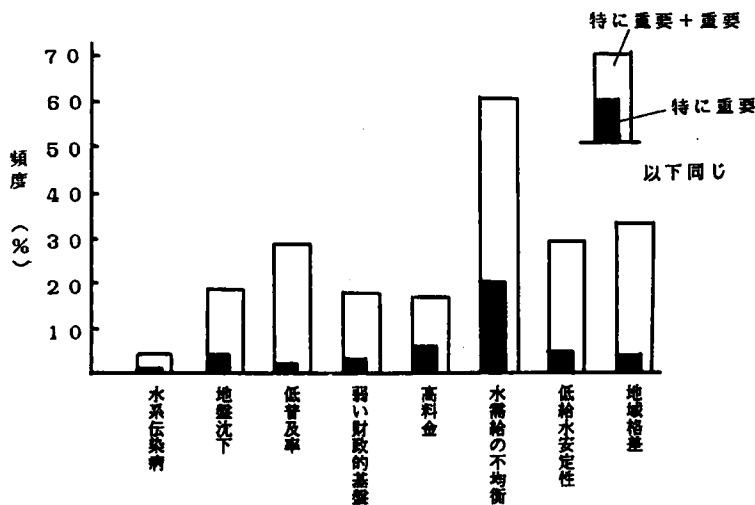


図1. 14 広域化直前の問題点

財政的基盤が脆弱な原因としては図1. 15のとおり小規模水系が多いためというところが12.6%となっている。又、高料金の原因としては、水源開発費の増大を上げている。

水需要の不均衡の原因としては図1. 17のとおり需要水量の急増や水源開発の難行を上げているところがそれぞれ40.5%、36.0%になる。その他渇水等による取水停止、地下水規制を上げているところもみられる。

給水安定性の低下の原因としては施設の機械化、原水水質汚染、浄水能力の不足を上げているが、いずれも10%以下である。水量、水圧安定性の低下の原因として浄水貯留施設の不足、管路の能力不足をそれぞれ14.6%の事業体が上げている。



地域格差では普及率の地域格差を上げているところが21・6%で一番問題意識としてとらえている。これに給水安定性の格差、水道料金の格差、水需給バランスの格差が続いている。

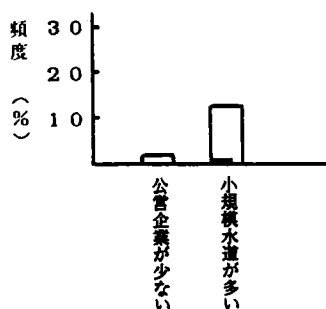


図1.15 広域化直前の問題点  
その1 財政的基盤が脆弱の原因

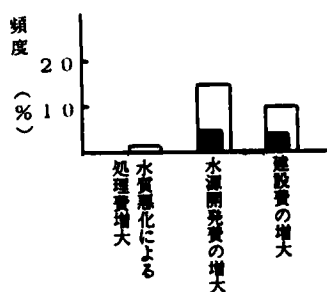


図1.16 広域化直前の問題点  
その2 高料金の原因

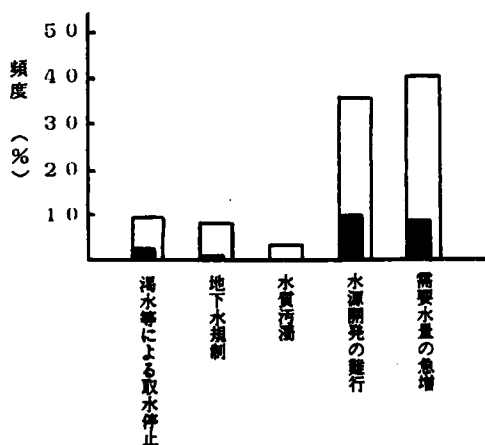


図1.17 広域化直前の問題点  
その3 水需給不均衡の原因

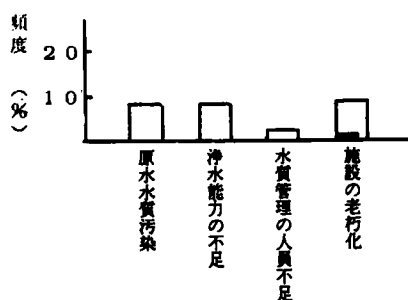


図1.18 広域化直前の問題点  
その4 給水安定性の低下の原因  
(水質安定性の低下)

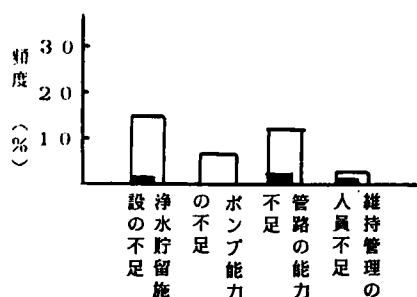


図1.19 広域化直前の問題点  
その5 低給水安定性  
(水量、水圧、安定性の低下)

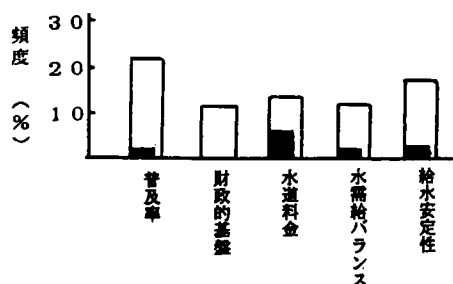


図1.20 広域化直前の問題点  
その6 地域格差

#### (7) 水道広域化の目的

水道広域化の目的としては図1.21のとおり、水源対策を上げているところが79.3%にあがる。今日の水道広域化を推進する原動力となっているのが水道水源の均衡ある配分であり、このことをこのアンケートの数値は裏付けているといえる。これに地域間の格差の是正が42.3%で続き、その他普及率の向上、国庫補助の導入、給水機能の向上が27%に上っている。国庫補助の導入を事業体の30%近くが上げていることは国庫補助金が広域化推進の役割を果たしていることとの相関ともみられる。

これをもう少し詳しく眺めてみると、地域間格差の是正では図1.22のとおり、給水安定性、普及率、水需給のバランスを20%前後の事業体が上げている。特に、給水安定性をあげているところが22.5%あるということは、水道広域化に水道水の安定供給を期待しているところが多いといえることができる。

水源対策としてはダム、河口堰等水道水源開発施設の建設に依存するとしているところが48.6%と全体の約半数を占めている。供給水源として期待されているところはダム等の水道水源開発施設であることを裏付けており、その他の方式として水源の相互融通を上げているところも21.6%みられる。また、農業用水、工業用水の水道水への転用に依存しているところも時代の波を反映して7.2%見られる。地下水の開発に期待しているところは3.6%と少ない。

給水機能の向上策としては、浄水、送配水施設の整備に22.5%の事業体があげており、これに維持管理水準の向上が続いている。

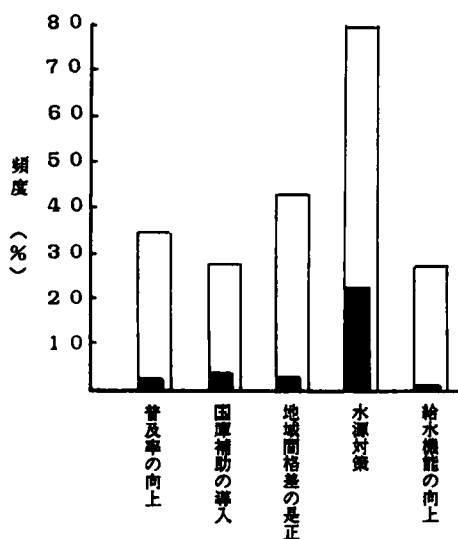


図1.21 広域化の目的

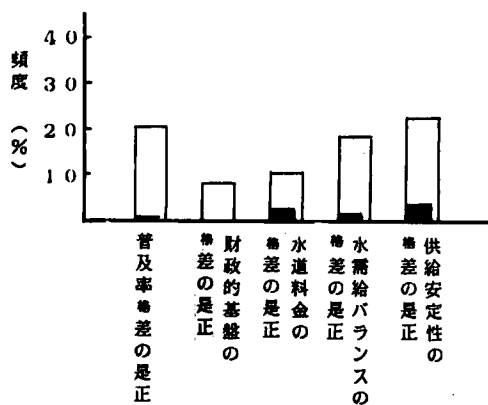


図1.22 広域化の目的  
その1 地域間格差の是正

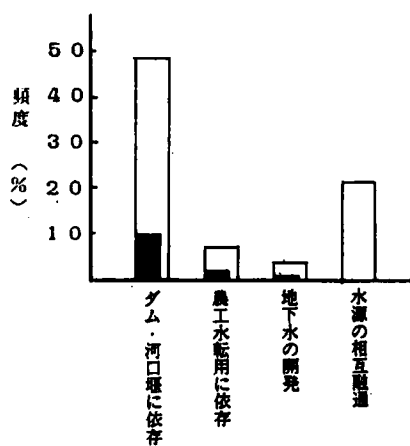


図1.23 広域化の目的  
その2 水源対策

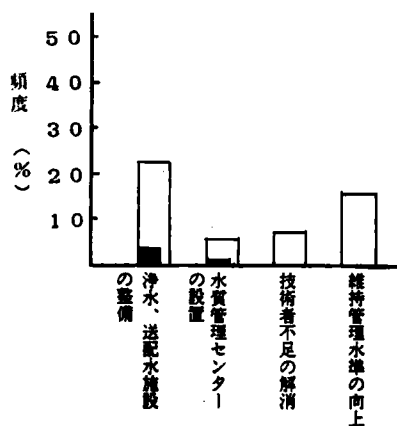


図1.24 広域化の目的  
その3 給水機能の向上

## (8) 広域化実施の効用

広域化実施の効用の一つである水資源の有効利用については、水源確保が有利としたところが78・4%にも上っており、そのうち56・8%が大いに効果があるとしている。水源が広域化される、地域間需要の調整可能がこれに続いており、水源の相互融通が可能としているところも半数近くみられる。格差の是正では給水の安定性を81・1%の事業体が上げておりそのうち57・7%が大いに効果があるとしている。水需要のバランス、普及率、水道料金における格差の是正についても、比較的高い率で効果があると答えている。

コストの削減では、水源開発費で70・2%の事業体が上げており、これに経営の合理化、建設費、人件費が続いており、いずれも50%以上の高率である。このことは水道の広域化による重複投資の排除、合理的水道経営等を考えていることが判る。

また、事業基盤の強化では技術基盤、未普及地対策、料金の安定化を50%以上の事業体が上げており、建設投資が容易としているところも63%と高い。給水機能の点では82・9%の事業体が水量の安定供給を上げている。その他、水質管理体制、施設の保全、事故時対応をあげているところも多い。特に、水量の安定供給に期待している事業体が80%以上あるところは注目される。

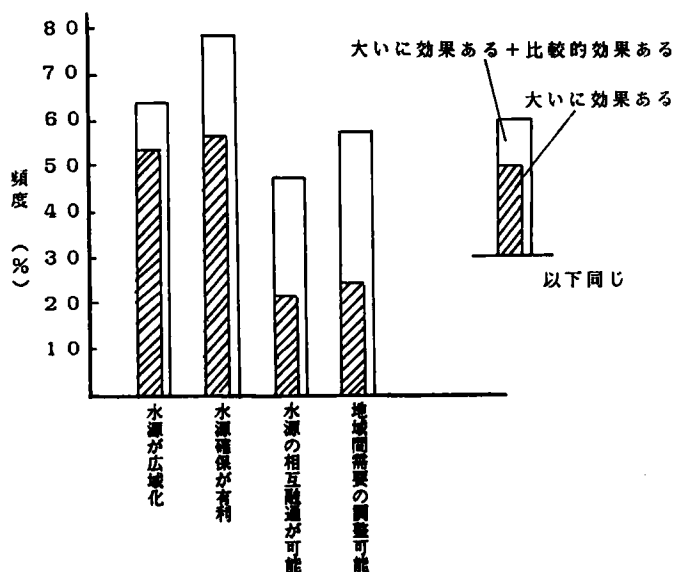


図1. 25 広域化実施の効用  
その1 水資源の有効利用

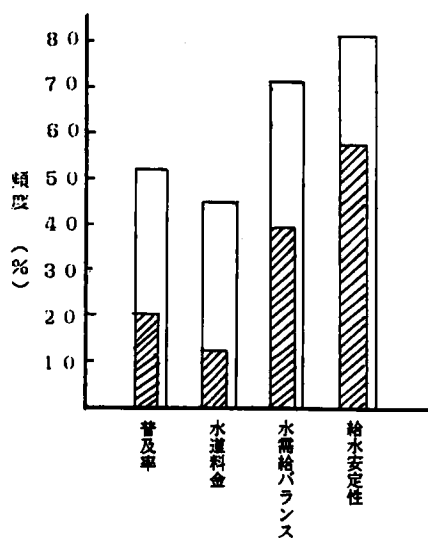


図1.26 広域化実施の効用  
その2 格差の是正

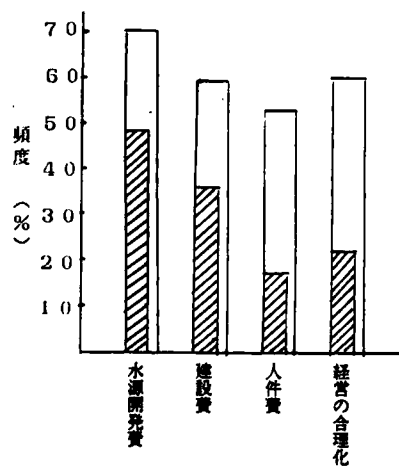


図1.27 広域化実施の効用  
その3 コストの削減

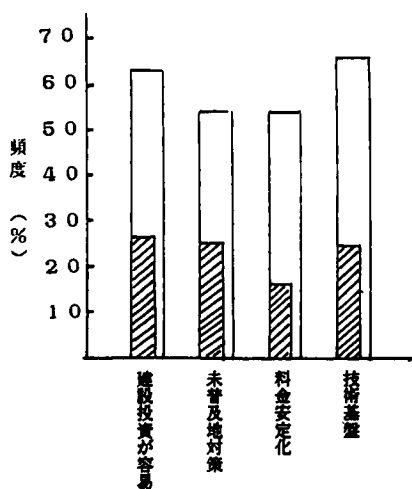


図1.28 広域化実施の効用  
その4 事業基盤の強化

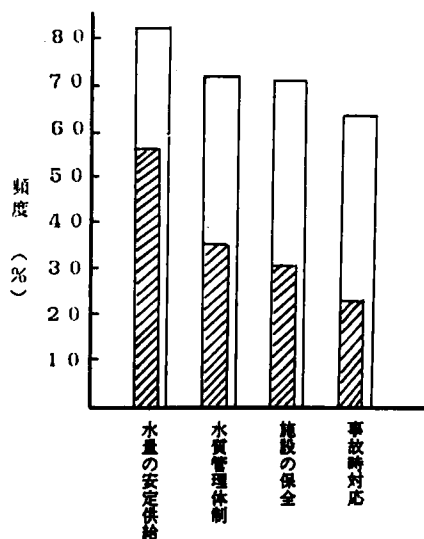


図1.29 広域化実施の効用  
その5 給水機能

### (9) 広域化実施の今後の課題

広域化実施の今後の課題は現在広域水道を実施中の事業体が今後どのような課題について考えているか調べたものである。まず、水源についてみると、なおかつ不安定性の解消を重要課題として上げているところが37・8%みられる。その他、水質汚染等による取水停止の防止、水源間相互融通を上げているところが20%強ある。また、地盤沈下による取水停止の影響を懸念しているところが10・8%ある。

施設面での課題では監視施設について36・9%と高い。これは水質問題の複雑化をより安全な水の供給の姿勢を反映したものといえよう。施設の補修が30・6%でみられ、これも普及時代における更新工事の必要性を表しており、その他整備の均等化や水質汚染に対応した浄水施設の建設を上げているところが20%強みられる。

維持管理の面では、施設の管理を半数近くの事業体が上げており、これに事故時復旧体制、水質管理体制が続いている。また、専門職員の確保も維持管理時代に向けて20%近くの事業体が今後の課題としている。

経営の点では、事務組織の効率化を半数以上の事業体が上げている。これに料金格差の是正、広域化の推進が20%前後で続いている。

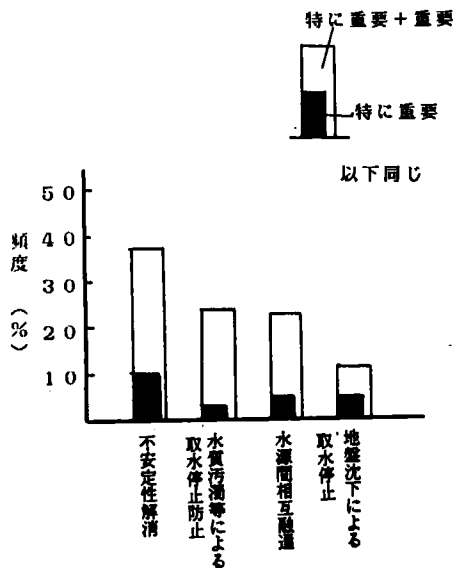


図1.30 広域化実施の今後の課題  
その1 水源

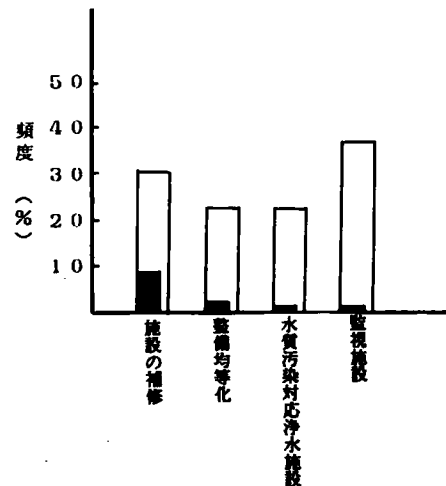


図1.31 広域化実施の今後の課題  
その2 施設

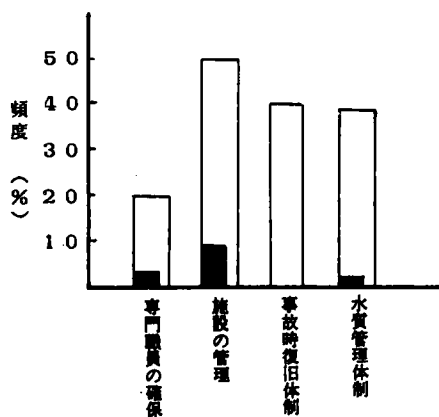


図1. 3 2 広域化実施の今後の課題  
その3 維持管理

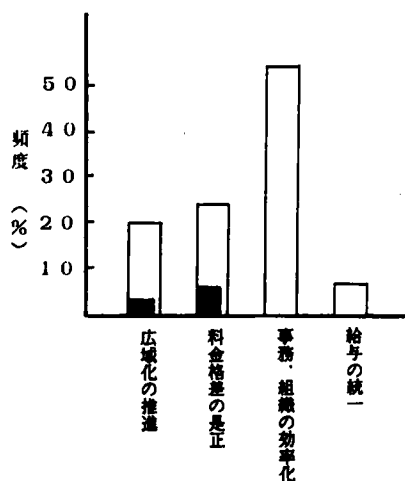


図1. 3 3 広域化実施の今後の課題  
その4 経営

### 3) 広域化前の問題点の時代的变化

広域化前の問題点の時代的变化を図1. 3 4に示す。ここでは、それぞれの時代毎に各水道事業体が上げてきた問題点の数の合計を100とし、問題点毎にその割合を示した。

まず、伝染病蔓延についてみると、問題点としての意識は、昭和20～31年をピークに減少し、昭和42年以降は皆無となっている。このことは水道の建設目的が衛生の向上から他の目的に移行した時代的背景を表わしているともいえる。

地盤沈下を上げているところは戦前にもみられるが、昭和32年以降沈下量の増加とともに問題意識が高くなっていることが判る。普及率の面でみると昭和41年まではその割合が上昇のみであるが昭和42年以降は減少の傾向を示している。これは水道の普及率が高くなるにつれて普及率の向上があまり問題として取り上げられなくなったということを表している。

財政基盤の脆弱を上げているところは時代の推移とともに低下していることは必ずしも最近の創設の広域水道が財政基盤強化を目的にしていなかったことを表している。料金格差については戦前の広域水道も上げているが昭和32年以降6～7%の割合で推移している。水需給の不均衡については時の推移にかかわらず高い割合を示しており、特に、昭和32年以降は上昇のみである。ここでも水需給の不均衡が広域化をうながしていることを表し

ている。

給水の安定性については昭和32年以降12～17%の割合で推移しているが時とともに低下気味である。これはアンケートでの安定性という用語が狭義に用いられているためで必ずしも本文でいう広義の給水安定性が軽くみられているという訳ではなく、その他の水需給の不均衡や地域格差等が大幅な伸びを示すことにより相対的に割合が低くなったものとする。地域格差については昭和32年以降急激な増加を続け、最近の水道では大きな問題として取り上げていることが判る。

以上全般を通じていえることは、全時代を通じての問題は水需給の不均衡が大きな問題であり、最近の問題点として地域格差、地盤沈下、給水安定性が上げられる。普及率や伝染病の蔓延は時代の経過とともに衰退していくことが判る。

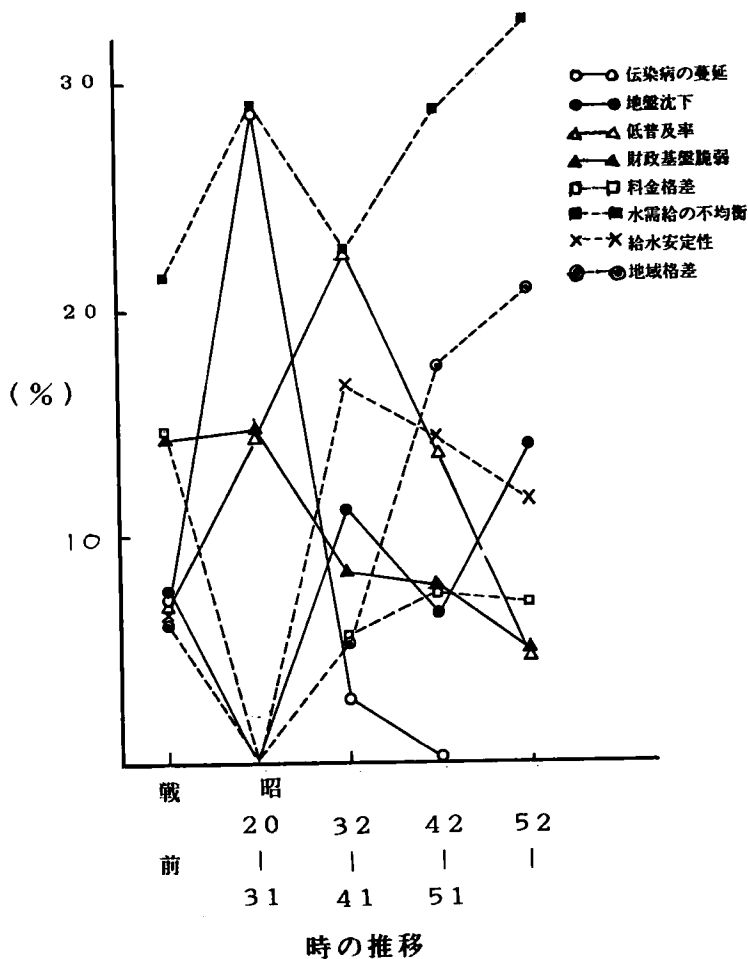


図1. 34 広域化直前の問題点の時代的变化



#### 4) 広域化発足時の目的の時代的变化

つぎに、広域化発足時の目的の変化を図1. 35によって分析してみる。水源対策については、広域化前の問題点と同様、全時代を通じて高い割合で推移していることが判る。また、昭和32年以降では国庫補助の導入が20%前後の割合で上げられており、ここにも国庫補助金を得るための広域化の姿が現れている。

地域格差の是正は、昭和32年以降急激に上昇している。給水機能の向上は昭和32年以降横ばいで10%台で推移している。普及率の向上は10~20%台で推移しながらも時が経過するにつれて減少しつつある。

全般的にみると、水源対策、地域格差の是正が最近の目的として大きく、給水機能の向上はそれに続く傾向にある。

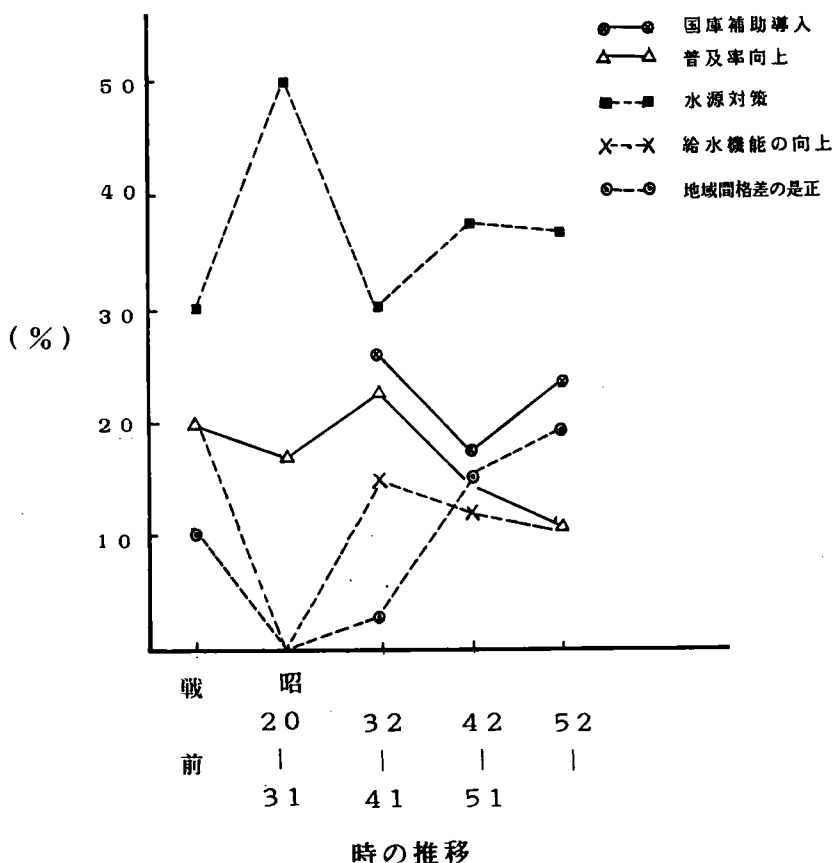


図1. 35 広域化発足時の目的の時代的变化

## 5) 広域化形態パターンの時代的变化

広域化の形態が時代の推移とともにどのように変化するか表したものが図1.36である。広域水道計画調査では広域化の形態パターンを次の6つに分類している。

- パターン1： 人口5万人未満の市町村の集合（小都市集合型）
- パターン2： 人口5万人～100万人の市に人口5万人未満の市町村が隣接していて市町村数が10以下（中都市中規模型）
- パターン3： パターン2と同じ型で市町村数が11以上（中都市大規模型）
- パターン4： 人口5万～100万人の市が3つ以上あり、それに人口5万人未満の市町村が隣接していて市町村数が10以下（複数中都市中規模型）
- パターン5： パターン4と同じ型で市町村数が11以上（複数中都市大規模型）
- パターン6： 人口100万人以上の大都市にそれ以下の規模の市町村が隣接（大都市型）

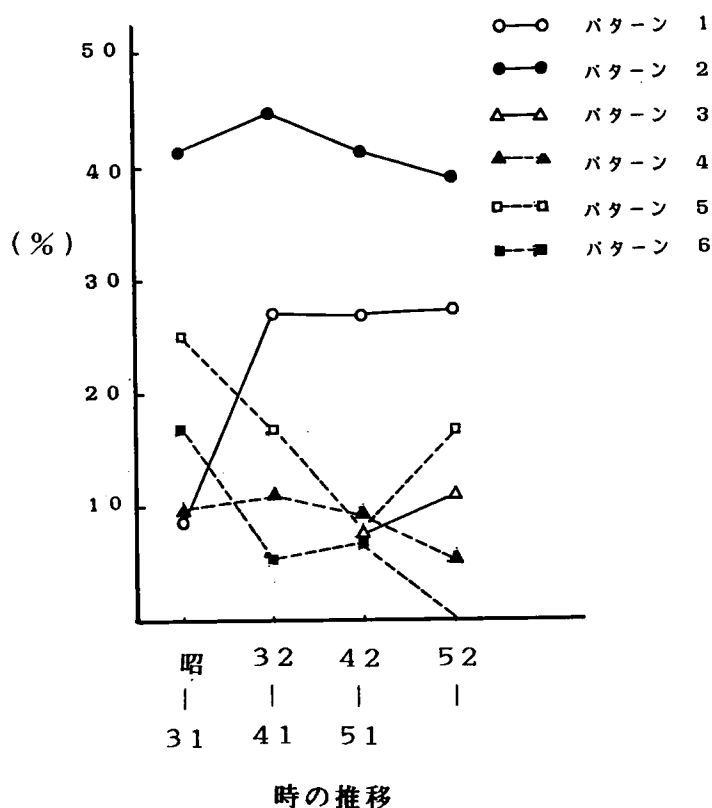


図1.36 広域化形態パターンの時代的变化

あえて規模について名称をつけるとすれば、( )内のようなろう。

さて、そこで図1. 36により形態パターンの推移をみるとパターン1、いわゆる小都市集合型は昭和32年以降27%程度の割合で推移しておりその変化は少ない。

パターン2の中都市中規模型が、全時代を通じて40%前後と高いことが判る。このパターンは昭和32年以降若干ながら減少の傾向にある。

パターン3の中都市中規模型は昭和42年以降現れ増加の傾向にある。

パターン4の複数中都市中規模型は時代の推移とともに減少しつつある。

パターン5の複数中都市大規模型は昭和51年まで減少傾向にあったがそれ以降また上昇している。

パターン6の大都市大規模型は時代と共に減少し昭和52年からは皆無になっている。

以上を総合してみると小都市集合型は高い割合で推移しており中都市中規模型も2番目に高い割合で平均的に推移している。中都市大規模型はこの10年上昇傾向で複数中都市中規模型は減少傾向、複数中都市大規模型は上昇傾向、大都市型は減少傾向にあることが判る。

## 1-2 水道の現状考察

### 1-2-1 今日の水道の課題

わが国の水道の建設、発展経緯は前述のとおりであり、昭和40年代の後半までの10数年間は、急激な水道水の需要を賄うため、全国各地で水道の新設・拡張工事が続けられた。それが、昭和40年代末のオイル危機を契機として全国的に需要水量の増加が伸び悩み傾向にある。また、水道未普及地域は従来に比べて敷設条件の悪い建設費の割高な地域が多く残されることになった。

いわばこれからのわが国の水道は、従来のように新設・拡張工事を中心に進めていけば良いというのではなく、今まで建設してきた施設をいかに効率よく管理し、また、効率の悪い地域において水道をどのような形で建設して行くかという従来以上に困難な問題に直面している<sup>21) 22)</sup>。

水道既設地域における課題<sup>23) 24) 25)</sup>としてはこれを列挙すると、水道水源の確保<sup>26)</sup>、安定的な水道施設の整備、水道施設の機能の向上、水道水の水質改善<sup>27)</sup>、水道経営基盤の強化等がある。また、その他の課題として未普及地域の解消、新しい考え方による水道システムの建設がある。以下、本研究目的に関係の深い施設整備、機能の向上、経営基盤の強化について考察してみる。

#### 1) 安定的な水道施設の整備

現行の水道を、バランスのとれた安定的な水道施設として整備するには、給水の相互融通、原水調整池、大容量配水池の建設、配水のブロックシステムの採用等水道内部における努力が必要である。

##### (1) 給水の相互融通

給水の相互融通の一つとして、水道事業による複数水源の相互融通がある。水道施設にとって、水源を幾つか持ち、しかもそれが異なった水系による場合であればなおさらのこと、お互いに融通できる体制を造っておけば水道水の安定供給の上で大いに役立つ。東京都の場合、昭和39年のオリンピックの年に大幅な給水制限を行った。これは、東京都の水源の主力であった小河内ダムが渇水でピンチに陥り、それをカバーするだけの力が他の江戸川水系だけでは足りなかったことにも起因するといえよう。

ところが最近では東京都の水道水源の主力が利根川に移り、利根川上流のダム群と多摩川

上流の小河内ダム等との連係プレイにより、従来よりはるかに安定性が向上している<sup>28)</sup>。これは、おなじ利根川に水源を依存している埼玉県<sup>29)</sup>と比べた場合、利根川、荒川以外に水源の少ない埼玉県よりはるかに安定性が高くなっていることから判る。いわば、相互融通による安定化である。

隣の神奈川県<sup>30)</sup><sup>31)</sup>についても同じことがいえ、横浜、川崎、横須賀市等の水道水源の主力は従来相模川であったが、その後酒匂川上流に三保ダムが完成し、この水を神奈川県内広域水道企業団が傘下の水道事業に用水供給を行うようになってからは、水系の異なる幾つかのダムの水を相互に融通する結果をもたらし、水源確保の面でずいぶん安定性が高くなった。

複数水源を相互融通する場合、同一の水道事業体内であれば浄水場を幹線パイプで連絡する等相互融通しやすい施設造りが必要であり、また、隣接する水道事業間や、それらに用水を供給している水道用水供給事業の水道施設等も含めて地域全体として相互融通の可能な施設とする必要がある。

また、一定の地域を対象とした広域水道を建設する場合、既存の表流水や地下水を広域化の中でいかにして温存し全体として有効に利用していくかという点についても十分な配慮が必要である。

## (2) 原水調整池と大容量配水池

水道水の安定供給の点から水道事業体自体が原水調整池や大容量の配水池を持つことも有効である。東京都が村山・山口貯水池を持ち多摩川の水を一旦こちらに貯えて調整しながら使用している実態は全国の水道事業体が見習うべきものであり、イギリスのロンドンの水道<sup>32)</sup><sup>33)</sup>においてもテムズ川の水を幾つかの原水調整池で貯留している<sup>34)</sup>。

原水調整池の役割は、水量調整のみならず、河川が高濁度時等異常事態の折り、一時的に取水停止を行い、平常状態になるのを待って取水を再開するというように水質面での効果も大きい。わが国の場合は、原水調整池設置場所の取得難等が大きな課題であるが、水源確保対策としては是非ともその推進を図らなければならない。

配水池については、わが国の場合、おおむね6～8時間の容量を確保するよう指導されている<sup>35)</sup>。しかしながら、配水池の役割を今日の一日の時間調整から週間調整、月間調整という観点から見直すことも水を有効に利用するということで必要である。水道用水供給事業が調整池と称して若干大き目の配水池を築造するときもあるが、どの程度の大きさにしておけば良いのか、根拠に乏しいところがある。大きければ良いというのではなく、その地域の水供給からしてどのような配分にすればよいか地域のバランス等を考えて検討しなければならない。

### (3) 配水のブロックシステム

給水区域を幾つかのブロックにわけ、ブロック毎に均等な配水を行うのが配水のブロックシステムである。このような方法は、10数年前から、東京、横浜、千葉県等の大都市の水道を中心に取り入れられつつある。

従来、配水のブロックシステムにまでなかなか手が回らなかったのは、需要水量の増大に対処するため拡張工事に追われていたことが大きな原因である。このような中で、神戸市はあの起伏の多い土地を抱えているにもかかわらず、標高を目安にした配水系統コントロールを完成している<sup>36) 37)</sup>。

ブロックシステムは配水系統を分散させるというのではなく、全体としては相互関連を持たせながらブロック毎にはより安定した給水を行おうというものである。したがって、ブロック毎の管網の配置、配水池の容量と位置、ポンプ、バルブの設置等においてきめの細かい配慮が必要である。

### (4) 災害時対策

地震<sup>38) 39)</sup>、渇水<sup>40) 41) 42)</sup>、洪水等の災害時対策は水道施設にとって重要な事項である。特に、水道施設は飲料水の供給という人の生命にかかわる部分を受け持っているだけに常日頃から災害を予期した対策を立てておく必要がある。

水道施設は、面的にも広範囲にわたって設けられており、またその内容も土木、機械、電気等種々の分野の総合的な施設である。従って、例えば、地震対策にしてもいかなる地震についても十分耐えられる施設とすることは不可能に近く、また、それに近付けることは莫大な資金を必要とする。そこで、施設面でポイントをおいて日頃から対策を立てておく、万が一、そういう事態が発生しても早急に復旧でき、かつまた、応急的な対応が可能となるようにする必要がある。

渇水対策については、水源施設の確保が重要な要素となる。水道施設内部における相互連絡や配水池の整備等も渇水対策として重要であるが、水源確保の面からいえば緊急備蓄用ダムの建設がある。

従来から建設されてきたダムは水道専用ダムであれ多目的利用ダムであれ、1年毎を周期にしてその水の利用を考えてきたが、これでは異常渇水時には使うべき水が足りなくなる。そこで、異常渇水時等に備えて常日頃から水を備蓄しておこうというのが緊急備蓄ダム構想<sup>43)</sup>である。

水道水源確保の安定性向上からいえばこのようなダムを建設しておくにこしたことはな

いが、その建設費をどのような形で賄うのかが問題である。水道会計で負担するとすればそれだけ水道料金にはね返ることになり、水源確保の安定策と負担との兼ね合いになる。水道の今後のあり方を考える上での課題である。

## 2) 水道経営基盤の強化

水道経営の点では建設費の高騰の抑制、水道料金格差の是正等が上げられる。

### (1) 建設費の高騰の抑制

ここ10数年、水道施設を急激に新設拡張してきた結果、建設費用がかさみ、それが、水道料金に影響を与えている。その結果、全国の5万人以上の人口を有する都市における一家庭一か月当りの消費支出に占める水道料金の割合が従来ずっと0・5～0・6％で推移してきたものがこのところ0・7％と若干ながら上昇ぎみになっており<sup>44)</sup>、一般の消費支出に比べて水道料金の上昇率が高くなってきているといえよう。中でも、ダム建設等水源費については、従来井戸や近隣の河川自流を水源にしていた時はそれほど必要でなかった経費でもあり、厚生省も国費を建設費の2分の1から3分の1交付して給水原価の低減化と水道水源開発施設の建設推進に当たっている。

### (2) 水道料金格差の是正

水道料金で問題となるのは、水道事業体毎の料金格差である。全国的にみると、1カ月当たり100円の事業体もあれば2500円の事業体もあり、その格差は20倍以上になっている。

わが国の水道は、独立採算制のもとに各水道事業体毎に水道料金を定めている<sup>45)</sup>。従って水道の規模、歴史的経緯、地理的条件等により水道事業間に給水原価の上で格差が生じることは当然のことである。

しかしながら、同じ水道の水を使いながら、地域により水道料金が異なるというのは国民生活上も問題があるという意見もあり、特に、生活用水についてはその格差是正を求める意見が強い。そこで厚生省では昭和57年度から、水道料金が特に高い水道事業が拡張工事を実施する場合、その建設費の3分の1に国庫補助金を交付している<sup>46)</sup>。

これも、広域的水道整備計画の設けられている地域内の水道事業に限定されており、水道の広域化を促進するにはまず水道事業間の料金格差の是正を図るべきだという発想からきている。水道事業間の料金格差の是正を図った上でその地域全体の水道を1本化して広域

化を図るという手順である。

以上の考察からも明らかなように、今日の高普及時代における水道の最大の課題は、1つには施設の弾力的運用にかかわる狭義の安定化すなわち稼働率の向上に関するものであり、他は事業経営問題をも含む事業間の平等性の問題に大別される。後者は平等性指標の重要性を意味し、前者は狭義の安定性向上を意味する。

従って、今後の水道を考える上で重要な安定化指標としては、狭義の安定化向上を図ることに關して指標を選定することもさることながら、平等化、社会的公平化を図るためのいわゆる広義の安定化指標についても検討することが必要と考える。

すなわち、狭義の安定化指標としては、漏水確率等によるダム取水に関する指標、水質基準、構造基準等がある。広義の安定化指標としては、社会、経済面に関する指標も含むものであり、例えば、1人1日給水量、1m<sup>3</sup>当りの配水管容量、事業費内訳、給水の月別変動、職員1人当り業務量等広範にわたる指標を抽出するとともに総合的な評価を実施すべきと考える。

## 1-2-2 水道の広域化に関する考察

水道の広域化は広範な地域における水の公平配分のみならず、水道料金の格差是正等種々の面に於て公平化と深い係わり合いを持っている。また、広域化についてはその範囲、規模、経営形態、歴史的経緯等についての問題点の指摘がなされている。

ここでは、水道全体の問題である安定度の向上策、広域化についての長所、短所、わが国で水道広域化を行うに当たっての課題等を整理するとともに、社会的公平化の観点からみた水道広域化について考察する<sup>47) 48)</sup>。

### 1) 水道の安定度の向上策

水道の安定度の向上策としては、水道事業体が独自に取り組む課題と水道の広域化により実現可能な課題があると考ええる。

水道事業体が独自に取り組む課題としては、①予備水源を含んだ水道水源の開発確保、②浄水場間の連絡管の敷設、③配水池の増設、④テレメータシステムの導入、⑤配水管網の整備、⑥配水、送水ポンプの敷設、⑦浄水場における自家発電機の設置、⑧浄水場における高度処理システムの導入、⑨配水池における緊急遮断弁の設置、⑩配水管の定期的敷設替え等がある。これらの事項は、全国の水道事業体が各々水道施設の質的向上、水量の安定的供給を行うため実施中ないしは計画中である。いわば全国の水道事業体が従来から取り組んできたものであり、将来においても継続実施すべき事柄である。



一方、水道の広域化による安定度の向上策としては、①地域全体の安定供給を目的とした水道水源の共同開発、②地域全体の予備配水池も兼ねた大容量配水池の建設、③水道事業の広域化による配水管の整備、④人的資源の確保につながる大規模化に伴う技術力の向上、⑤必要な施設整備促進を可能にする大規模化に伴う財政基盤の強化、⑥大規模化に伴う水質面への気くばりがゆき届いてくる水質制御の向上策、⑦地域内における料金格差の是正を図る水道料金の平準化等がある。

すなわち、個々の水道事業体の努力のみではなし得ない安定化策を水道の広域化を実施することにより実現しようというものである。今日のわが国の水道をみると水道の建設、経営は市町村固有の事務という思想が定着しており、水道用水供給事業の他は広域水道の実現はなかなか難しい状況にある。一部の県営水道や企業団営水道で広域水道の事例がみられるが、全国的にみると市町村営が圧倒的でありこのような水道事業における広域化はごく少数派に属するといえる。

## 2) 水道広域化の長所、短所<sup>49)</sup>

水道広域化が水道施設の安定度の向上に寄与することとともに、一方では広域化することが必ずしもプラスにならない点もみられる。この長所短所について整理してみる。

### (1) 長所

水道広域化の長所と考えられる事項を列举してみると

①1水道事業体だけでなく数ヶ所、数10ヶ所の近隣水道事業体の給水区域を対象とした広範囲の地域全体を対象とした水道計画がたてられる。これが地域内における水道システムの優劣の平準化や全体としての質的向上にもつながる。

②複数水源の確保が可能となる。これが水量の安定供給につながる。単一の水道事業体でも複数水源を有しているところもあり、広域水道となると必ず複数水源を確保しているかといえばこれは地理的条件等もあり必ずしもそうとはいいきれないが、給水区域が広範になれば区域内の水源の確保地点が増加することは一般的に言えるであろう。また、現在の広域水道で水源を単一に求めている事例もあるが、これらについては将来の課題として複数水源確保を検討する必要があるだろう。

③広範囲な地域における配水管コントロールが可能となる。市町村毎に水道事業を持っている現在の水道では、給水区域の端の方では、特に隣接水道事業の給水区域と接しておりかつ市街地が途切れることなく続いている場合は、極端な場合、水道事業体が異なるということで同じ道路に両方の水道事業の配水管が敷設されることになりかねない。広域化

し統合再編成すると、配水管の敷設も地理的条件をもとにして純水道計画上の問題として取り上げることになり、重複敷設、重複投資がさけられる。また、維持管理の面でも例えば漏水防止対策や配管の点検についても地域全体をみた計画が立てられる。テレメータシステムや配水コントロールセンターの設立が可能となる。

④統合再編成等大規模化に伴い優秀な人材を集めることが可能となる。小規模水道での人材確保は大きな課題であるが、大規模になるとそれなりの技術者の確保が可能となり、それがまた技術力のレベルアップにつながる。

⑤大規模化により積極的な設備投資が図れる体制が整う。これがまた財政基盤の強化につながる。

⑥水道料金の格差是正が図れる。水道事業は独立採算制を基本としているので、規模、地形、歴史的背景等種々の条件のもと原価計算をすると、事業体間に自ずと水道料金に格差が生ずる。極端な場合、道路を隔てて水道料金が異なることもある。特に生活用水の料金については格差是正の声が大きく、広域化することによって地域全体を眺めた水道料金の格差是正が可能となる。

以上のような長所のうち、水道工学上見た最大の長所は、単一の水道事業体のみならずいくつかの水道事業体を対象にした総合的な計画を樹立し、合理的な水道施設運営が可能となることであろう。

## (2) 短所

①先行投資分が多くなる。市町村毎の水道計画に比べて区域が広くなるので、未だ建設の必要がない地域においても、広域性の点から先行的に建設せざるを得ない場合が出てくる。そのなかには先行分も含めて設備投資を大き目にする必要がある。特に送水管等では長期間にわたる先行投資を行わざるを得ないことがある。

②小規模水源、小規模浄水場等既設の施設を廃止しがちとなる。特に、井戸等の小規模水源が管理の合理性の面から廃止されることが多い。浄水場についても緩速汜過方式等が用地の有効利用等の観点から廃止されることがある。

③きめの細かいサービスが怠りがちとなる。従来は、狭い範囲できめ細かいサービスをやっていたものが大ざっぱになる懸念がある。しかしながら、これはサービスの方法の問題であり、規模が小さければ目がよく行き届き、大きければサービスが悪くなるというのは一般論ではなく、要はやり方次第という面も持っている。

④大幹線が事故の折り、全体のシステムがストップする危険がある。小規模の場合は、その狭い範囲内のこととして事態を収めることができたものが、広域化したことにより広範囲の施設に影響を及ぼすことがある。そのための対応策を十分考えておく必要がある。

⑤良質の水道水を供給していた地域の水質にレベル低下をみることがある。よく見られる事例として、従来、地下水を水源とした良質の水道を使用していたものが、広域化により表流水を水源とすることにより水質の悪化を余儀なくされたということがある。また、良質の水源と他の水源の水をブレンドすることにより質の低下を招くこともある。

⑥従来に比べて水道料金が高くなる地域が生じる。市町村毎の水道の場合は比較的水道料金が安かったものが広域化して先行投資等を行うことにより大幅な料金高騰をみることがある。ただし、その一方で、料金の平準化により従来より廉価となる地域もあるというメリットもある。

これらの短所のうち水道計画上の問題として決定的なものがあるかということを考えた場合、既設の水道施設をどのように新しい水道計画の中に組み入れていくかということをも十分考慮すればかなり解決することができる。その他の短所は、主として財政、経営的な問題が多いといえよう。

### 3) わが国の水道広域化の課題<sup>50) 51)</sup>

厚生省は、昭和42年に水道広域化施設整備費に国庫補助金を交付しその促進を図ってきた。また、昭和52年には水道法を改正して広域的水道整備計画を条文化した。厚生大臣の諮問機関である生活環境審議会の答申においても、水道広域化本来の姿は水道事業の広域化するなわち水道事業の統合、再編成を上げている。それとともに、その中途段階として卸売り業である水道用水供給事業も是認している。しかし水道用水供給事業は、水源から蛇口まで一貫した施設管理が途中で寸断されるというデメリットがある。

わが国の水道広域化の現状を眺めてみると、審議会の答申で本来の姿は水道事業の広域化といっているものの、実際そのほとんどが水道用水供給事業である。また、その創設の目的は水道水源確保難からの水源開発であり、ダム建設による水源確保と広域水道の建設が1セットとして進められているいわば水源対策用水道といえることができる。

蛇口まで担当している市町村の水道事業の広域化が進まない理由を上げてみると、

①水道については、それぞれの市町村が優先して事業を進めるという哲学のもとに独立して仕事を進めている。従って、幾つかの水道が一緒になって従来からの水道局を無くすることには抵抗がある。また、水道事業に勤務する職員の処遇についても大きな課題となる。

②水道料金の格差が問題である。対象となる水道事業体の中に料金格差があつて、なかなか統合再編成の話がまとまらない。安くなる事業体は賛成しても広域化することによって高くなる事業体の同意を得ることが難しい。

③現存の水道事業体を統合再編成して1つの広域水道事業体にしなければならないほど

の緊迫感に欠ける面がある。水道事業体にとって目下必要なのは水源であって、これは水道用水供給事業を設けることによって満たされる。

このような水道事業体の要望を行政面で取り入れようと、水道広域化の国庫補助の対象として厚生省は水道用水供給事業も取り上げている。一方、水道事業の広域化を進めやすくするため、広域的水道整備計画策定の区域内で他の近隣水道事業に比べ水道料金が高いところが拡張事業を行う時は補助金を交付して料金格差の是正にあたっている。また、佐賀東部広域水道のように、現在は水道用水供給事業ではあるが、将来は卸売り先の市町村の水道事業も一体となって広域水道事業を設けることを前提として送水管等は将来の水道事業を目途とした卸売り事業もみられ、厚生省は補助金交付等によりバックアップしている。

#### 4) 水道広域化の規模

現在のように個々の市町村がそれぞれ独自に水源を求め、それぞれの行政区域毎に水道施設を設けることは、地理的条件のもとに水道計画を立てる場合、必ずしも最良の方策とはいえない。とすれば、水道の広域化をどの程度の規模とするのが良いか考察する。

##### (1) 全国の水道の一本化

全国に存在する上水道、簡易水道、専用水道、水道用水供給事業等をすべて統合して、全国1水道事業体にすることである。経営主体を一つにすることにより、今日みられるような市町村毎の料金格差の解消が図れる。施設面においても水の相互融通が可能となり、また、職員人材の合理的配置、仕事の重複排除等のメリットは大きい。

しかしながら、わが国の水道事業が明治以来、市町村固有の事務として建設、経営されてきた歴史的背景からしても、一挙に全国一本の水道事業にするには相当の困難が伴う。それに、水道の水源問題は、全国的な水供給のバランスの上に立って考えなければならないというものの、極めて地域的な問題でもある。

極端な発想として日本列島に縦断して水道の太い幹線を敷設し、ある地域が渇水の折りは他の地域から緊急給水できる体制造りも考えられるが、建設コスト、水を運搬する物理エネルギーそれに伴う維持管理コスト等の点を考慮すると、水道施設面において全国一律に自由に水供給を図れるシステムとすることは最良の選択かという疑問が残る。経営面での一本化は料金格差の是正等メリットがみられるが、水道施設面での一体化を行うことには必然性があるかどうかよく検討する必要がある。

## (2) 全国数ブロックの水道

全国一本の水道に至るまでも、全国を数ブロックに分割して、そのブロック毎に一つの水道とする考え方がある。このような考え方が出てくる背景には、首都圏、中部圏、近畿圏等大都市圏域における水供給の公平化の課題がある。

首都圏では、過去において東京の大渇水時に水不足の苦い経験があり、これを契機として東京は利根川に大幅に水源を求めている。利根川の水源ダム開発については、首都圏の東京、埼玉、千葉がそれぞれの立場で参加しており、原水確保の面では一応のバランスがとられている。しかしながら、取水後、浄水、給水に至る過程ではそれぞれ別個に計画を立て独立の給水システムを有している。神奈川県の場合は、首都圏の中でも全く独自の水道システムを形成しており、いわば神奈川県内だけの水需給のバランスを取っている。東京との関連でいえば、一部の水を相模川から東京に送っているが、これも暫定的措置であり恒久的なものではない。

一方、首都圏の地理的背景をみると、関東平野一帯に都市が隣接しており、行政区域との関連なしに道路等に沿って家屋が密集している。このような地形、立地状況をみると、水道計画を市町村単位ないしは各都県毎に立てることが最も適しているとはいえない。そのようなことから、首都圏については、少なくとも都市として密集している地域については水道施設面においても一体化した水道システムの実現が地域全体の水道の安定度の向上につながるといえよう。

また、近畿圏においても、京都、大阪、兵庫の一部の地域では首都圏と同様のことがいえる。この地域では水源を琵琶湖、淀川等に求め互いに水需要との関連で水源配分にはバランスを取ってはいるものの、水道施設の面では関連性がない。従って、それぞれの市町村が自らの守備範囲について給水区域として水道施設の建設を行っている。地理的条件からの水道計画を立てるとすれば、現在の姿は最良とはいえない。府県の枠を越えた水道施設の整備を検討すべきである。

## (3) 都道府県毎の水道

現在、水道法をもとに進められている広域的水道整備計画は当面の目標として都道府県毎の水道の一本化を念頭に置いているといえよう。都道府県の行政区域の枠を越えた水道の広域化が種々の政治情勢等により困難であるとすれば、せめて同一都道府県内における広域化を進めようというものである。富山県における水道広域化構想においても終局の目標として県一本の水道としている。直ちに県一本化することは易しいことではないが、少なくとも県の枠を越えた広域化よりも実現可能性は強いと考える。

#### (4) 都道府県内の数ブロック広域化

都道府県内で広域化を進める可能性のある地域を選んで水道事業の統合、再編成を行うものである。広域的下水道整備計画は県内数ブロックについての計画を立てている。ブロックの数は各県の地理的条件等を勘案して決めている。広域化を進める上でまず最初に考えられる広域化の方向として実現性のあるものである。

わが国の下水道広域化の現状からすると、このようなブロックにおいて下水道用水供給事業が設けられている事例が多い。この地域の将来の姿としては下水道用水供給事業と傘下の下水道事業の統合、再編成を行い、一つの下水道とすることである。佐賀東部広域下水道企業団は傘下の下水道事業と一体となることを前提にして施設整備が進められている。

また、厚生省では将来このような地域の統合、再編成による下水道広域化が進めやすくなるように料金格差の是正を図る施策を講じている。すなわち、広域的下水道整備計画の策定されている地域内の下水道事業で水道料金の割高な事業体が拡張工事等を実施する場合、国庫補助を行うことにより料金格差の是正を図ろうというものである。

下水道広域化のとりあえぬ姿としては、このような県内数ブロック毎の広域下水道の実現であるが、現実問題として直ちに実現可能かといえばそれほど容易なことではない。一步一步地道な進め方が必要である。

以上、広域化の姿として、全国一本化、全国数ブロック、都道府県毎、都道府県内数ブロックと地域の大きさからいえば幾つかのステップがあることを論じた。現実的な考え方からすれば、地域の特性はあるにしても、全国的にみれば一挙に全国数ブロックとか都道府県毎の広域下水道を実現することは難しく、とりあえずは都道府県数ブロックを目途にした広域化をめざすことになると思われる。

#### 5) 下水道広域化の形態

下水道広域化の形態としては、下水道事業で数市町村にまたがるいわゆる広域下水道事業と、下水道用水供給事業がある。また、経営面では一体とせず施設面で広域化を図ることも考えられる。

##### (1) 下水道用水供給事業

下水道用水供給事業は、水源から蛇口までという一貫した水道システムを途中の段階で分断して受け持つ卸売り業であるので完全な広域化とはいいきれない。しかしながら、幾つ

かの市町村を対象として卸売を行うことは、地域における水需給のバランスを図るということでは水道の安定度の向上策として効果がある。

わが国で今日進められている水道広域化のほとんどは水道用水供給事業の形態である。水道広域化の過渡的な現象として水道用水供給事業の育成はやむを得ないことでもあり、また、その推進は長期的にみればプラスになると考える。ただ、今日進められている水道用水供給事業は、同一の都道府県の中で経営されているものであるので、都府県の枠を越えての水需給の調整を図っているものではない。今後は都府県の枠を越えた形態が望まれる。

例えば、首都圏においても数都県にまたがる水道用水供給事業が創設されると、首都圏全体の水需給のバランスを取る上でより効果的と考える。近畿圏においても同様のことがいえる。水道用水供給事業の推進にあたっては佐賀東部広域水道企業団のように将来、末端水道事業と統合、再編成することを想定した施設整備を地域によっては考慮する必要がある。

## (2) 同一都府県内の水道事業の統合、再編成

水道事業の統合、再編成を図るには他の府県等と一緒にすることよりも、とりあえず都道府県内の特定の地域を対象にして考えることが現実的である。従来から都道府県営や企業団営により、広域水道事業を発足させている地域においては周辺の水道事業の統合、拡張を図る。

東京都の水道のように、以前旧東京市を中心とした23区の水道をその他の地域すなわち三多摩地域の水道を順次統合し、最終的には都下単一の水道にしようと想定しているところもある。東京都の場合、当初、三多摩地区へは分水という形で23区から水を持っていったが、これが発展的に今日のような水道一本化への姿勢につながっている。このような分水としての過渡的現象を経て順次統合していく方式も現実的である。

その他の道府県においては、水道法にいう広域的水道整備計画を策定した地域内における水道事業の統合、再編成に努めるべきであろう。

## (3) 同一市町村内の水道の統合、再編成

数市町村を対象とする広域水道を設ける前に、同一市町村内に幾つかの水道がある場合はそれらの水道施設の統合、再編成を図る。市町村によっては、当初、水道の建設を必要な地域から始めたことから、市町村の中心部は上水道事業、その周辺には幾つもの簡易水道が存在するというような事例がよくみられる<sup>52)</sup>。

このような場合は順次統合して一つの水道となるケースが一般的であるが、たまたま地形からみて管で連絡できないような場合は、複数の水道として残ることになる。現行の水道法では、施設面のつながりが無い場合は別個の水道として取り扱うことになっているのでこのような事例として表れるわけである。これからの水道は、水道法についても弾力的に運用して、たとえ施設面でのつながりが無くても同一市町村内の水道は一つの水道として取り扱い、水道料金の格差是正、市町村内均一のサービス等を図ってゆくべきである。いわば、同一市町村の水道については簡易水道も含めて広域的な整備のもとに管理の強化を図ることにより水道の安定度の向上を図ることである。

#### （４） 水道施設面における広域化

水道事業の統合、再編成による広域化が本来の姿とはいいながら、現実問題として全国的にみても統合、再編成を進めることはなかなか容易なことではない。現在、進めつつあるものに石巻広域水道がある程度で、佐賀東部広域水道にしても広域水道事業を最終目標にしながらも水道用水供給事業でスタートしている状況にある。

そこで、水道の広域化はとりあえずは水道用水供給事業の段階を中心に水源確保、原水の公平な地域配分を目的とすることで是認し、水道事業体内では経営主体は現状に維持しながら、施設間での実質的な広域化を進めることは、将来の水道の広域化の姿を先取りする意味からも意義深いものと考ええる。

水道施設間の広域化の進め方、方策としては次のものが上げられる。

①水道事業間に緊急連絡管を敷設する。これは、断水事故時、地震、災害等の折り、近隣の水道事業体から救援を受ける時大いに役立つと考える。現在、大阪、名古屋市周辺、静岡、富山県等一部の地域で連絡管の敷設が行われ、減に事故時の応援給水に活躍している。また、このような非常時のみならず、通常時においても共同利用することを協定で取り決め、水の相互融通をすれば、地域における合理的な水利用にも役立つと考える。

②水道水源の共同開発を行う。ダム等の水道水源を幾つかの水道事業が集まって共同で建設する。また、多目的ダムに傘下する場合は、各々が別個の管を敷設して重複投資となるようなことはさけ、共同の管を敷設する。水道用水供給事業は、このような共同開発を組織として受け入れたものといえよう。

③浄水場を共同で建設し管理する。隣接水道事業体が同じような場所に浄水場を設けるのであれば個々にやるのではなく、共同建設をすればスケールメリットも出る。広島県と呉市、愛媛県川之江、伊予三島市の事例等がある。同じ江戸川を水源とする東京都と埼玉県がおなじ地域に浄水場を造るというので厚生省が共同で単一浄水場を建設するよう進めたが、規模の相違、水道事業内の事情等で実現しなかった。実現していれば東京、埼玉と



異なった都県が共同建設するということで将来の姿を先取りして画期的なことであった。

④配水池を共同建設する。隣接水道事業の都合のよい場所に共同の配水池を設ける。これにより、地域内における配水の調整も可能となる。水道用水供給事業が設けている調整池は、この共同配水池の役目をしており、共同配水池の建設は単に配水池建設のスケールメリットのみならず、地域の水供給の調整を図るという意味でも意義深いと考える。

### 1-3 まとめ

本章では、水道の歴史的考察と水道の現状考察について論述した。水道の歴史的考察では、わが国の水道の発展経緯、広域水道の歴史的変遷、既設広域水道としての水道用水供給事業の発足についてまとめた。

まず、わが国水道の発展経緯では、近代水道の発展経緯を水系伝染病対策期、戦後の復興期、高度経済成長期に分類した。水系伝染病期は、明治から第2次世界大戦前までであり、この時期は水系伝染病の防止等公衆衛生対策を中心とした都市施設として水道の建設が行われ、いわば安全度中心の時期であった。

戦後の復興期は、昭和20年の終戦後から昭和30年始めまでの大都市では漏水防止対策、その他の地域では農山漁村も含めて普及中心の時代として位置付けた。この時期は、地域的な平等性が注目され始めた段階とも位置付けできるとした。

高度経済成長期は、水道法制定以降オイル危機までの間であり、わが国の高度経済成長と並行して水道の普及拡張が進められた時代であり、合理性が追求され始めた段階として位置付けできるとした。

広域水道の歴史的変遷では、明治以降今日までを5つの期間に分類した。その1つである戦前の広域水道は、首都圏、近畿圏等の水不足地域にあって水不足解消のため、比較的大規模な都市を中心に広範囲な地域を対象に広域化を行っているのが特徴とした。

また、戦後から昭和32年の水道法制定までの広域水道の特徴は、水道未普及地域対策や炭坑や工業地域であって、急激な水需要に応える必要性より発足したものが多くあった。また、昭和32年から広域水道に対する補助制度が始まるまでの間は小規模の末端広域水道も発足していることが特徴とした。

その後昭和42年から水道法が改正されて水道の広域化が法的に上げられる昭和52年までの特徴は末端給水において地域格差の解消等を目的とした中規模の水道が発足していることである。それ以降は広域的な水道整備計画に基づく水道事業が発足していることが特徴である。

既設広域水道としての水道用水供給事業の発足では、全国の水道用水供給事業及び広域水道事業についてその設立の経緯、その後の変化過程、今後の検討課題等について、アン

ケートを行いその分析を実施した。

広域化発足直前の状況では、対象市町村における普及率が高いところが多く、これは最近発足した広域水道が多いことによる。また、水道の広域化は簡易水道よりもむしろ上水道の給水区域を中心に大規模に行われるものが多い。

広域化直前の問題点としては、水需給の不均衡が60.3%と多く、これに地域格差、低い給水の安定性が続いており、水系伝染病を問題点としてあげているところは少なかった。

地域格差では普及率の地域格差が一番問題意識として上げられており、これに給水安定性の格差、水道料金の格差、水需給バランスの格差が続いている。

水道広域化事業の目的では、水源対策を上げているところが80%近くあり、これに地域格差の是正が続いている。それに、普及率の向上、国庫補助の導入、給水機能の向上が続いている。

広域化事業実施の効用では水源の確保に効果ありとするところが80%近くあり、これに水源の広域化、地域間需要の調整可能が続いている。事業基盤の強化では、技術基盤、未普及地域対策、料金の安定化を50%以上の事業体が上げており、建設投資が容易とするところも高い。給水機能の点では、水量の安定供給を83%の事業体があげている。

事業実施の今後の課題として水源ではなおかつ不安定性の解消を上げているところが多く、取水停止の防止、水源の相互融通も20%ある。施設面での課題では、監視施設の設置や施設の補修の割合が高い。維持管理では、施設の管理を半数近くの事業体があげており、経営でも事務組織の効率化が半数近くを占めている。

広域化直前の問題点を時代的にみると、伝染病は問題意識として、昭和20～31年をピークに減少し昭和42年以降は皆無となっている。これは、水道建設の目的が衛生面の向上から他の目的に移行したことを表している。水道普及についても、昭和42年以降は減少の傾向を示している。財政基盤の強化は最近減りつつある。

給水の安定性については、時とともに低下ぎみであるがこれは必ずしも軽くみられていくというわけではなく、水需給の不均衡等他の項目の大幅な伸びにより相対的な割合が低くなったと考える。地域格差については、昭和32年以降急激な増加を示している。全時代を通じての問題は、水需給の不均衡であり、最近の問題としては地域格差、地盤沈下、給水安定性が上げられている。普及率や伝染病は時代の経過とともに衰退している。

広域化発足時の目的の時代的变化では、水源対策が全時代を通じて高い割合で推移している。国庫補助の導入では、昭和32年以降上げられており、地域格差の是正が昭和32年以降急激に上昇している。全体的には、水源対策、地域格差の是正が最近の目的として大きく、給水機能の向上がこれに続いている。広域化形態パターンの時代的变化では、小都市集合型が高い割合で推移しており、中都市中規模型もその次に高い割合で推移し、大

都市型は減少傾向にある。

水道の現状考察では、今日の水道の課題、水道の広域化に関する考察を取り上げた。水道の現状考察の中で今日の水道の課題として安定的な水道施設の整備と水道経営基盤の強化について述べた。安定的な水道施設の整備としては、給水の相互融通、原水調整池と大容量配水池、配水のブロックシステム、災害時対策等があるとした。給水の相互融通では水系の異なる複数水源を相互に利用することにより、緊急時の安定度の向上が図れるとした。原水調整池は水量調整のみならず水質面でも効果がある。水道経営基盤の強化としては、建設費の高騰の抑制、水道料金格差の是正を上げている。

水道の広域化に関する考察では、水道の安定度の向上策として水道事業体独自に取り組む課題と水道の広域化による安定度の向上策があるとした。また、水道広域化の長所、短所についても整理した。長所としては、広範囲の地域全体を対象とした水道計画の樹立、複数水源の確保等があり、短所として先行投資分が多くなる等をあげた。

また、わが国の水道広域化の課題として統合、再編成を拒んでいる原因として従来から水道は市町村優先で進められてきたことによること、水道料金みの格差、既存の水道事業体を統合再編成する緊迫感に欠けていることを上げている。水道広域化の規模として、全国の水道の一本化、全国数ブロックの水道、都道府県の水道、都道府県内の数ブロック広域化についてそれぞれの特徴、実現の難易について論じた。水道広域化の形態としては、水道用水供給事業の建設、水道事業の統合再編成とともに水道施設面における広域化として連絡管の整備等について論じた。

## 第2章 公平化を目標とした水道広域化の意義と本研究の目的

### 2-1 安定化の意味と意義

#### 1) 水道の現状と安定化の意義

わが国の水道は今日まで普及促進を最大の目標として事業が進められ、普及率の点では一応欧米諸国並みの水準に達した。ただ、経営基盤、技術力とも弱い小規模水道が、例えば、給水人口が5千人以下の簡易水道、専用水道が、事業数で約90%である。全人口のうち、830万人が簡易水道を利用している。

一方、都市の水道では、高度の普及が周辺水源への過度の依存をもたらし、渇水や水源汚染に極めて敏感なシステムとなっている。同時に、都市における市民生活の水道への依存度も年々高まり、ライフラインとしての飲料水のみならず、水洗便所用水等としても、給水事故が都市生活を脅かす度合いが高くなっている。

結局、普及促進の目標がある程度達成された段階として、引き続き水道の安定化を新たな目標として、全国的に水道を整備してゆく時代を迎えている。従って、水道の安定化の意義について考察しておくことが不可欠である。

水道の安定化に関する国の具体的な政策は、昭和52年の水道法の改正に集約され、小規模な水道を極力統合して経営基盤を強化してゆくいわゆる水道の広域化として具体化されている。広域化策の具体的な目標として、1) 水源開発の促進、2) 料金格差の是正、3) 水質検査センターの設置に代表される技術レベルの高揚がうたわれている。広域化促進のために国の補助率を1/3とすることも最も具体的な政策として知られている。

ところで、各水道事業体が今後を考える上で、普及率に代わって安定化という新たな指標を重視しなければならないことは判ったとしても、具体的に何を事業目標としなければならないかが徹底していない。

上述のような水道の広域化に最大限努力することが、各事業体の目標なのか、独立採算制と広域化、言い替えれば、共同経営化は、基本的になじまない点もある。すなわち、国が普及率に代わって安定化を重視する方針の元に広域化を推進する政策は、理念的には理解し得ても、個々の事業体にとっては、独立採算制を前提とする限り、極めて協力し難い問題をも残していると同時に、具体的に何をなすべきかが明確でない事項も多い。

最近、この水道の安定化策のために、個々の水道がなすべき事業目標として、国は以下のような具体策を提示している。

すなわち、水量、水質両面にわたる安定供給のために具体的には、1) 導送配水管等の破損不安の少ない水道、2) 水質汚染事故に強く、常に安全な水を供給できる水道、3)

渇水影響の少ない水道、4)地震等、災害においても一定の給水を確保できる水道、を目指すこと。言い替えれば、変動に適應した機動的給水の可能な安定した水道を目指すこととしている。

さらに具体的には、1)水源の環境作りに努めること、2)水源を多様化すること 3)事業体間、浄水場間に連絡管を設置すること 4)大規模配水池を設置すること 5)ブロック化等の配水管の整備を行うこと 6)施設の耐震化、緊急遮断弁を設置すること 7)老朽管の敷設替えや、施設の更新を計画的に行うこと 8)臭い水問題を含め水質汚濁対策のための施設の恒常化を行うこと 9)水源から配水までの水量、水質監視システムを整備すること 10)住民に対する広報、公聴の強化を行うこととしている。

以上で、個々の水道事業体で今後の安定化のためになすべきこと、事業体間でなすべきこと、さらには広域的になすべきことが事項として比較的明確になっている。ただ、記載されていない事項が、安定化とい事業目標にかなうか否かを検討したり、個々の技術段階で安定化の程度を定量化することを可能にするため、改めて安定化とはいったい何を指すかを考えてみる必要がある。

## 2) 安定化の意味

一般技術論としては、安定化とは変動する現象がある一定の状態に収束、或るいはおさまってくることを指す。或るいはまた、確率論<sup>1)</sup>としていえば、変動して発生する現象において、ある特定の現象の発生する確率を安定性、安全性、あるいは信頼性<sup>2) 3)</sup>として議論することも多い。ある因果関係にある入力、出力関係で、入力の変動量に対する出力の変動量の比率を小さくしてゆくことを弾力化、あるいは安定化と呼ぶこともある。

しかし、上述の国の具体策を例に取ってみても、事故に関するものや、耐震化に関するものは、これらの技術論的な尺度で把握できるが、広報の強化や広域化目標における料金格差の是正などは、これらの尺度では把握できないので、さらに広義の安定化の定義が必要である。

いま、視点を変えて、現代用語<sup>4)</sup>としての安定成長の意味を調べてみると、安定成長とは決して低成長を意味するのではなく、国民生活の安定と調和して成長すること、バランスのとれた型で進む成長のことである。この現代用語から類推すれば、水道の安定化とは、安定した国民生活での水道に対するニーズとのバランスを強化すること、或るいは国民の水道に対する期待により適合させてゆくこととも理解できる。言い換えれば、安定した国民生活での低廉、清澄、豊富という国民の期待に沿うあらゆる努力を安定化策ともいいうる。この広義の安定化の場合、あまりにも抽象的で、ここの技術とはなじみにくく特定の技術目標を具体化し難い。

従って、維持管理時代における水道の安定化とは、以下のように３段階に区別して理解すればよいのではないだろうか。すなわち、水道事業の安定化とは広義の安定化を指し、高普及後の国民のニーズに更に応えていくあらゆる努力を意味し、この広義の安定化のために最も重要な方策は事業の経営基盤の強化としての事業の広域化といえよう。一方、各事業体における日々の給水の安定化とは、あらゆる量的、質的給水サービスの低下という事故の発生確率を少しでも小さくすることと理解すればよい。この狭義の安定化は当然広義の安定化の一環となる。更に、具体的に個々の水道技術レベルでの安定化とは、超過あるいは非超過確率の定量化とその制御を安定化と理解すればよい。言い換えれば、水道技術に信頼性分析手法をより具体的に導入することである。

### ３） 広義の安定化の意味

まず、広義の安定化について若干の整理を行ってみる。広義の安定化は、既に記したように、国民の水道に対する要望にバランスよく対応することと理解した上で、国民の要望を更に区分してみると、次のように表現できるものと考ええる。

広義の安定化とは、安全性（安心）<sup>5)</sup>、快適性（うまさ）、平等性（公平）、合理性（安い）などの要因からなり、より安定した水道とは、それぞれの要因が市民の満足の方向にあるものと考えてみる。例えば、安定化の指標としての安定度を次式のように表現してみる。

$$\text{安定度} = f(\text{安全性、快適性、平等性、合理性}) \quad (1)$$

この安定度が、過去、現在、未来に向けていかに変化しつつあるか、あるいは変化してゆく必要があるかを、概念的に表示したのが図２．１である。すなわち全国の水道では、それぞれの状態に大幅な差があるところから大きな分布がある。例えば、図２．２に表されるように、平均的には１の状態でも全国的に大幅に分布する安定度を、将来レベル２にアップすること、及びそこでの分布を小さくすることを安定化と言うことができよう。

ここでの大きな特徴は、将来に向けて上限、下限の幅を小さくしてゆくことが重要で、公共事業としての水道では、全国的にあまり大きな差を作らない。言い換えれば、平等性を他の指標に比べ特に重視してゆかねばならない点である。この変動幅を小さくしてゆくという点だけから判断しても判るように、広域化、すなわち地域的なあるいは面的な総合的平均化は、それ自体が必然的に変動幅を小さくしてゆく効果をもっている。

従って、この種の安定性目標とする限り、広域化は必然の方策であり、むしろ問題は、広域化によっていかに平均的安定度をも高めてゆくことができるか否かにある。

また、平均化に伴い、いずれかが被る一時的不利をいかに長期的利益でカバーし得るか否かに、今後の水道の広域化の正否がかかっているといえよう。一方、量的、質的給水事

故の発生確率を小さくしていくという狭義の安定化は、式（１）でいえば、広義の安定化のうち特に安全性要因に強く関係している。ここでいう狭義の安定化技術とは、ある対策の強化か、事故発生率、ひいては安全性をいかに低減するかを定量化すること、およびその対策に要する経費を具体的に定量化することが主たる内容となる。

従って式（１）の安定度が最も簡単に安全性と一対一に対応するものとみなし得る時、事故対策を広域化事業の一環として実施することによって、いかに安定度が高揚し得るかを定量化することのできる技術が、ここでいう狭義の安定化技術ということができる。

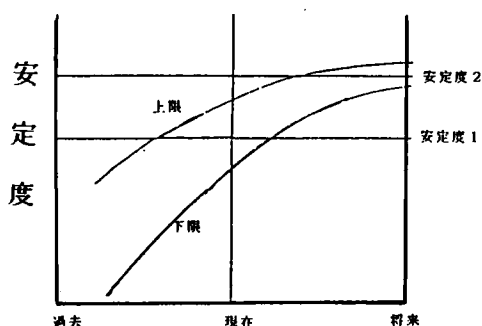


図2. 1 安定度

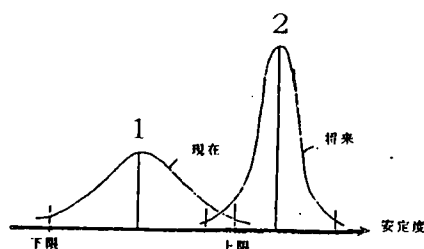


図2. 2 安定度の分布

## 2-2 公平性の意義と本研究の目的

水道の安定度の要素としては、安全性、快適性、平等性、合理性があることは既に述べた。安全で快適かつ合理的な水道を求めることは水道の安定度を高める上で必須の条件であるが、そのような条件とともに、国民が平等に水道のサービスを楽しむべきであると筆者は考える。

水道水は生活用水、ビル用水、工場用水等多目的に利用されており、水質はその目的に応じて安全で目的にかなったものであるべきであり、水量の面でも継続した給水が望まれる。わが国の水道は全国的にみても多目的に利用されており、その利用目的からして質、量やサービスにおいて地域格差があってはならず、その目標とするところまでできる限り高

いところを目指すべきと考える。

例えば道路、鉄道等の公共施設では、その他の利用目的、頻度、重要性等に応じて、高速道路、新幹線から砂利道、ローカル単線等の差が設けられ、地域の実情に応じた利用が行われている。

しかしながら、水道施設は、今日では国民生活の基盤的施設として定着しており、もはや代替施設のない状況にまで普及している。従って、水道施設の規模、機構の複雑性等に大小、難易がみられるとしても、終局的に国民が享受する質、量、サービスの面では全国的に平等であるべきである。

水質では、ある地域は良質の水が供給され、他の地域では異臭味等がある水が供給されているという実態を、一般的に良質の水が供給される方向にもってゆくべきである。また同じ給水区域において、やむを得ない異常渇水時に給水サービスに格差が生じることは不公平であり、できるだけ平等な給水に心がけるべきであり、また、少なくとも生活用水について地域によって料金に格差が生じることは国民生活の観点からすると平等性に欠ける問題である。

水道料金では、全国的な格差を解消し、公平な負担を求めるには、例えば、全国一つの水道事業とすることも一つの考え方であるが、現行の水道の市町村優先の経営形態、独立採算性等から問題があり、また、経営のみを一体化しても水質、水量の面の格差が解消されとは限らない。

本研究は、水道の現状を平等の観点から特性分析を行うとともに、社会的公平化を目標とした水道広域化計画に関する分析、考察をおこなうことを目的とするものである。

### 2-3 まとめ

本章では、安定化の意味と意義、平等性の意義と本研究の目的について論述した。

今日までの水道は、普及促進を最大の目標として事業の推進が行われてきたが、ある程度の普及が進んだ今日、新たな目標として水道の安定化があげられること、安定化について具体的な事業目標が徹底していないことを上げた。国の提示している水量、水質両面にわたる安定供給の具体的目標を紹介するとともに、安定化の意味について考察した。

安定化についてその意味を考えると、一般技術論としては変動する現象がある一定の状態に収束あるいは収まってくることを指している。しかし、国が示している安定化の具体策にしても技術論的な尺度で把握できるものとできないものがあるのでさらに広義の安定化の定義が必要とした。

広義の安定化は、安全性、快適性、平等性、合理性等の要因から成り、この安定度の過去、現在、未来での変化状況を概念図で示し、将来はある一定の領域に収束するものとし



た。この目標達成のためには、広域化が必然的方策であるとした。いわば、平均的安定度を高めてゆくことができるか否かがその成否を握るとした。

また、量的、質的給水事故の発生確率を小さくしていく狭義の安定化は特に安定性要因に強く関係しているとした。この事故対策を広域化の一環として実施することによりどのように安定度が高くなるか定量化する技術が狭義の安定化技術とした。

平等性の意義は、水道が国民生活に密着した公共施設であり、幅広く利用されているとはいいいながら、本来、量、質の面で地域によって格差を生じるべき正確のものではなく、その平等性が強調されるべきものであるとした。従って、本研究の目的は水道の現状について平等の視点から分析するとともに、社会的公平化を目標とした水道広域化計画に関する分析、考察を行うことにおいた。

### 第3章 水道の社会的公平化を目標とした広域化に関する分析

本節ではまず全国を数地域に分け、各地域毎に水道水の需要と供給の動向<sup>1) 2) 3)</sup>について全国平均値との比較を行い各地域の特性、地域のグループ分け等について考察する。同じ日本列島の中でも地域により、需要特性や供給水源にそれぞれの特徴があると考えられるのでその点についてマクロ的な分析を行う。

第2に、日本の代表的な都市域をかかえる首都圏において、各都県毎の数値を比較することによりその特性について分析する。

第3に、水道施設の建設費用の観点から、水道の規模毎にどのような特性があるか分析し、適正な広域化規模について考察する。

すなわち、本節では、マクロ的に全国数ブロック、そのうちの1地域首都圏の事例、全国に建設中の水道の費用分析、これらを通じて水道の社会的公平化と広域化規模について考察する。

#### 3-1 既設水道の広域的特性分析

全国を13の地域にわけ、地域毎の水道水の需要と供給の動向を分析し<sup>4)</sup>、全国平均との比較を行い、水道広域化を進める上での地域の特性について考察する。需要の動向を分析するにあたっては、1965年と1979年の統計数値<sup>5)</sup>を用いる。

1965年からの15年間は、大幅な給水量の増加と水道普及率の向上をみた時期である。特に、1965年からの10年間は、1960年代から70年代にかけての高度経済成長等に伴って全国的に大幅な新設・拡張工事が進められた。一方、1973年に始まった世界的なオイル危機は、水道水の需要にも大きな影響を与え、それまで急激な増加をみ てきた需要水量の伸びも徐々に緩やかになり、今日ではほぼ横ばいの伸びを示すに至っている。

そのようなことから、本節では高度経済成長の中期、いわば水道施設の急激な拡張工事の始まった1965年とオイル危機から5年後即ち安定成長期にある1979年の2時点における人口、水量、水道水源確保等の動向について比較検討し、諸特性の変化を分析するとともに地域の類似点、相違点を見いだし、広域化を進める上で考察すべき基礎的条件としての地域特性について考察を進める。

全国の地域区分としては、国の各種総合計画<sup>6)</sup>に用いられている表3.1の地域割りを採用する。沖縄は、1965年当時今だわが国に復帰していなかったことから統計が揃わず、本節では一部の事項についてのみ取り上げている。

表 3. 1 地域割

| 地域名    | 都道府県名                |
|--------|----------------------|
| 1 北海道  | 北海道                  |
| 2 東 北  | 青森、岩手、宮城、秋田、山陽、福島、新潟 |
| 3 関東内陸 | 茨城、栃木、群馬、山梨、長野       |
| 4 関東臨海 | 埼玉、千葉、東京、神奈川         |
| 5 東 海  | 岐阜、静岡、愛知、三重          |
| 6 北 陸  | 富山、石川、福井             |
| 7 近畿内陸 | 滋賀、京都、奈良             |
| 8 近畿臨海 | 大阪、兵庫、和歌山            |
| 9 山 陰  | 鳥取、島根                |
| 10 山 陽 | 岡山、広島、山口             |
| 11 四 国 | 徳島、香川、愛媛、高知          |
| 12 北九州 | 福岡、佐賀、長崎、大分          |
| 13 南九州 | 熊本、宮崎、鹿児島            |
| 14 沖 縄 | 沖縄                   |

### 1) 総人口と給水人口

図 3. 1 及び図 3. 2 をもとに総人口、給水人口それに関連する普及率についての地域の特性を眺めてみる。まず総人口からみると、1979年のわが国の総人口は115,037千人である。地域毎のシェアでは、関東臨海、近畿臨海、東北、東海が10%以上、5～10%に関東内陸、北九州、山陽、5%未満が北海道、近畿内陸、南九州、四国、北陸、山陰となっている。すなわち、関東臨海、東海、近畿臨海のいわゆる太平洋ベルト地帯に全国の50%以上の人々が住んでいることになる。

また、地域毎の人口の増減傾向を1965年と1979年について比べてみると、全国平均では1.17倍であるが、これを上回る地域に関東臨海、近畿臨海、近畿内陸、東海があり、その他の地域は全国平均以下の伸び率となっている。中でも山陰は0.99倍と減少している。その結果、地域シェアの増加をみたところに関東臨海、近畿臨海、近畿内陸、東海があり、その他の地域はシェアの減少をきたしている。

すなわち、人口の点からすると、わが国の人々は関東臨海、東海、近畿臨海地域にその大半が居住しており、この15年間の人口の移動傾向もこの3地域に近畿内陸を加えた4地域に大きいということがいえる。したがって、水供給計画を立てる場合、特にこれらの4地域には重点的な整備が必要であり、人口シェアの低いしかも年次を経るにつれて減少傾向にある地域の水供給計画とは異なったものとする必要があろう。

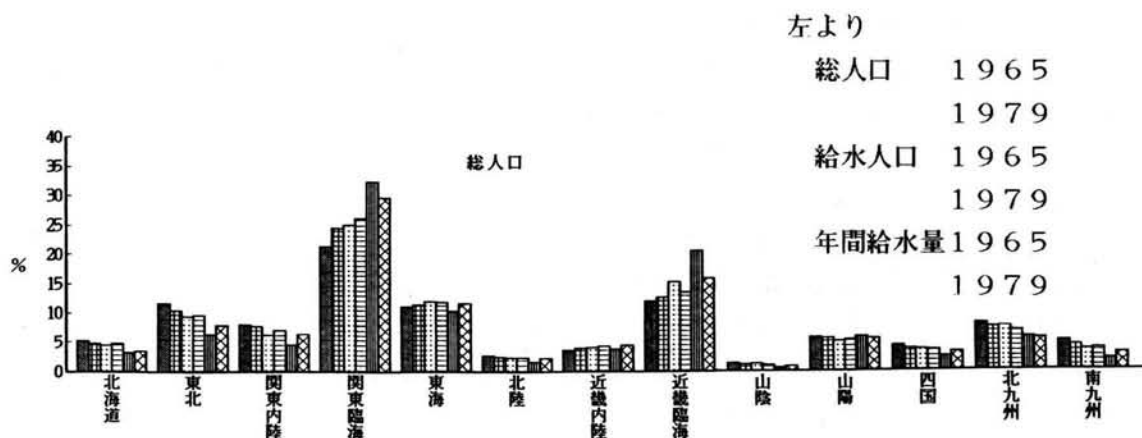


図3. 1 総人口、給水人口、年間給水量の地域シェア

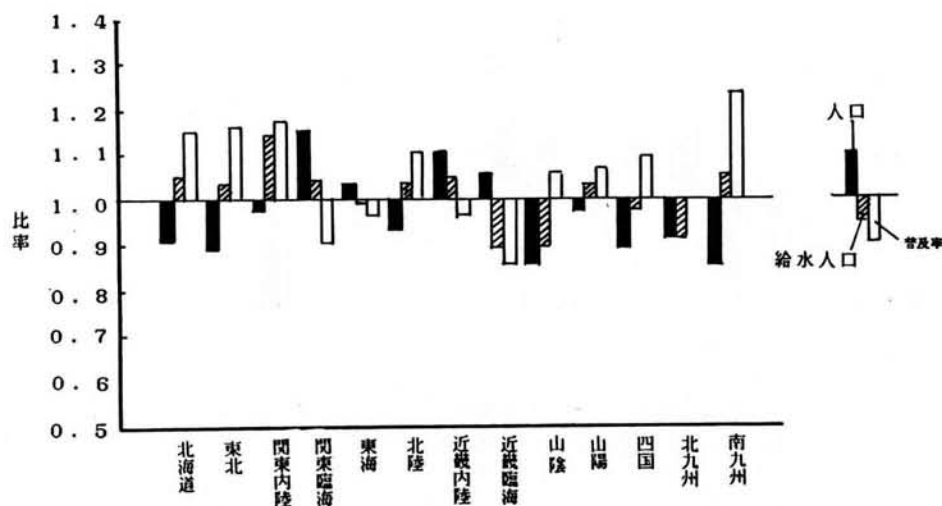


図3. 2 1979/1965 総人口、給水人口、普及率

つぎに、図3. 3により水道の普及率の面から分析する。

1965年当時においても関東臨海、東海、近畿内陸、近畿臨海の4地域は全国平均よりも普及率が高かったし、1979年にもこの4地域のみが全国平均値を上回っている。すなわち、水道普及率の点では、この4地域とその他の地域では大幅な格差が生じていることが判る。この傾向は特に1965年において著しいものがみられ、東北、関東内陸、南九州と近畿臨海の格差は大きい。この年代における水道の普及、すなわち社会資本の投入には地域によっては大きな差があったといえる。

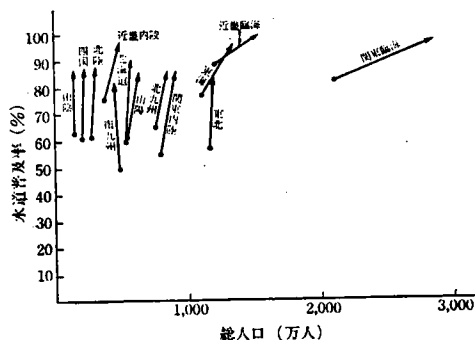


図3. 3 総人口と水道普及率  
(1965-1979)

しかしながら、その後の普及状況を見ると、前記の4地域が全国平均値を上回ってはいるものの、他の地域での水道普及が大きく進み、その格差は大幅に是正されている。この状況は図3. 2の普及率1979/1965の比較によっても明白である。すなわち前記の4地域の伸び率はいずれも全国平均以下であるが、北海道、東北、関東内陸、南九州等の伸び率は大きい。また、全国平均を1.0とした場合の地域毎の普及率の比率を図3. 4に示している。これをみても1965年には大幅な格差特に前記4地域とその他の地域

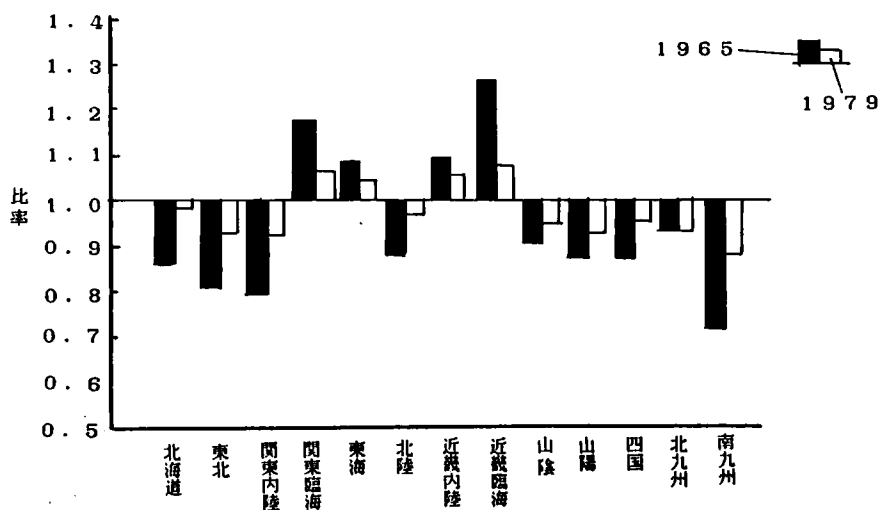


図3. 4 水道普及率

では大きな差がみられるが、1979年にはその格差が小さくなっていることが判る。

水道普及率の点からいえば、過去においては地域毎に大きな格差がみられるが、高普及に至るにつれてその格差は是正され、全国的に公平化の方向に進んでいるといえる。

### 3) 年間給水量の動向

1979年の年間給水量の地域割合をみると、10%以上が関東臨海、近畿臨海、東海の3地域、5～10%に東北、関東内陸、山陽、北九州があり、残りは5%未満となっている。中でも10%以上の3地域の合計で57%を占めている。

上水道の年間給水量は1979年度には1965年の2.12倍になっている。ただ、その内訳をみると、1965年に比べて1979年の数値が、関東臨海、近畿臨海では3～4%もシェアが小さくなっており、その分その他の地域で増加している。例えば、東北では6.4%が7.9%と1.5%もシェアが大きくなっている。いわばこの15年間で年間給水量の面では全国的な広がりを見せたといえよう。

このことは、図3.5の年間給水量の順位においても明らかで上位2地域の地域割合は1975年に比べ1979年は小さくなっているが、その他の地域はおおむね大きくなっている。

図3.6により年間給水量の増加率をみると、関東臨海、近畿臨海、北九州等は全国平均以下の増加率となっており、むしろ南九州、関東内陸、北陸、山陰、四国等の増加率が全国平均より高くなっている。これは1965年当時の水道の普及率が低く、しかも1人当りの原単位が低かったところが急激な水需要の伸びにより増加率が高くなったものと考えられる。また、北九州は渇水等供給面での対応不足が増加率に影響し、関東臨海、近畿臨海では全国の水量が大きいこと、大都市の水需要の伸びの鈍化傾向が影響しているといえよう。

というように、年間給水量の面で従来特定の地域に片寄りがちであったものが平均化の方向に進みつつあるといえることができる。

図3.7は1人1日平均給水量について1965年と1979年について比較したものである。1965年に全国平均を上回っているのは関東臨海、近畿臨海、山陽の3地域であるが、1979年にはそれに近畿内陸が加わっている。また、その格差はこの15年で大幅に縮まってきている。すなわち、全国的に平均化の方向に向かっているといえよう。

図3.6により1人1日平均給水量の伸び率についてみると、年間給水量と同様、関東臨海、近畿臨海、山陽の増加率が全国平均より低くなっている。北九州については年間給水量は全国平均より低いものの、1人1日平均給水量では、全国平均を若干ながら上回っている。北陸、山陰、四国、南九州の伸びが著しく、全国的なバランス化が進んでいる。

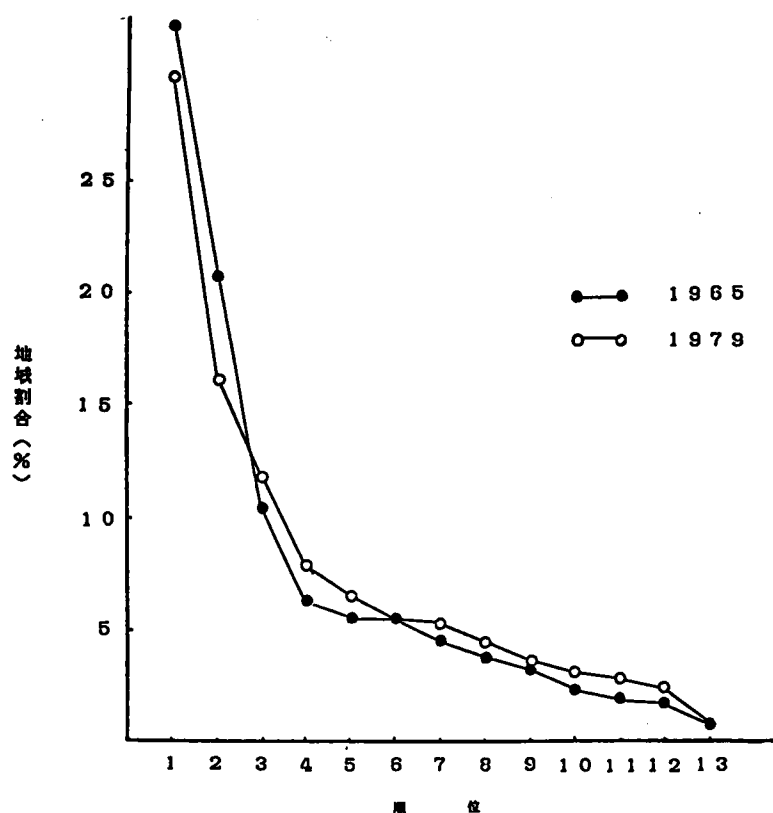


図3.5 年間給水量の順位

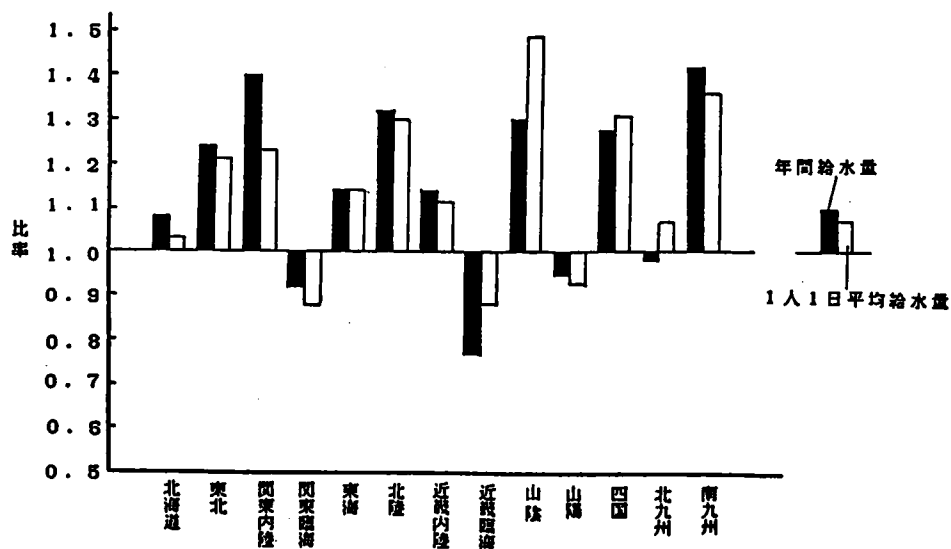


図3.6 1979/1965 年間給水量 1人1日平均給水量

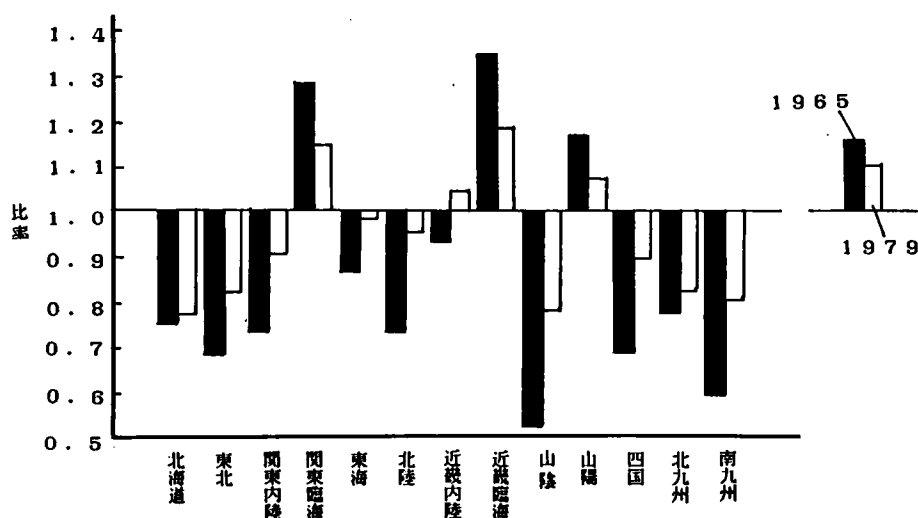


図3.7 1人1日平均給水量

この面でも全国的に平均化の方向に向かっていることが判る。

このように、年間給水量について地域の動向をみた場合、1965年に比べて1979年は地域格差是正の方向に向かっているとはいえるものの、地域割合からいうと、上位3地域で全体の60%近くを占めており、他は0～10%の間であり大きな差がないことが判る。従って、水道の広域化を考える場合も、年間給水量の点では上位3地域と他では水量に大きな差があることを認識する必要がある。

また、1人1日平均給水量でも、1965年に比べ1979年は地域格差が小さくなってはきているものの、関東臨海、近畿内陸、近畿臨海、山陽で全国平均を上回り、北海道、東北、山陰、北九州、南九州は値が小さい。その中間に関東内陸、東海、北陸が存在しているという格差の現実を認識した上での広域化を考える必要がある。

すなわち、全国を地域毎にマクロに眺めた場合、給水量の点では全国一律ではなく、それぞれの地域毎に特性がみいだされることが判る。

#### 1-4-2 年間取水量の動向

##### 1) 取水量の動向

1965年の年間取水量は全国で64.4億 $m^3$ であったが、1979年には132.3億 $m^3$ になり、その間2.05倍になっている。その内訳をみると、表流水は43.9



億 $m^3$ から90.9億 $m^3$ と2.07倍になり、全取水量の増加率2.05倍より若干大きい増加率となっている。伏流水は9.5億 $m^3$ から9.6億 $m^3$ で1.01倍とほとんど増加していない。浅井戸は2.3億 $m^3$ が8.9億 $m^3$ と3.89倍に大幅に増加している。また、深井戸も7.1億 $m^3$ が20.2億 $m^3$ と2.85倍に増加している。すなわち増加率からいえば、表流水がほぼ全体の取水量の増加率並みの増加を示し、浅井戸、深井戸等地下水が大幅に増加率を伸ばし、その分、伏流水やその他による取水量がそれほど伸びなかったとい

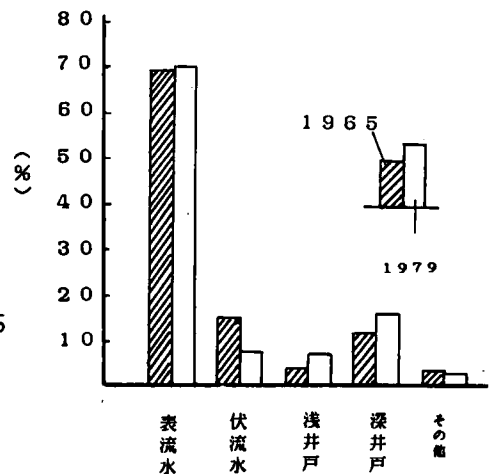


図3.8 年間取水量の水源別シェア

うことができる。(図3.8)  
その結果、1979年の全取水量に対する割合は表流水が68.2%、浅井戸6.7%、深井戸15.2%等となっており、表流水が占める割合が高い。特に、首都圏、近畿圏等大都市における水道の表流水の占める割合が高く、その他の地域の簡易水道では依然として地下水を利用している。

表流水と地下水とでは水道水源として利用する場合、浄水方法も異なり、また、大規模な水道施設では水源が表流水となっているところが多い。水道の広域化を考える場合、いくつかの規模が上げられるが、表流水を水源とする場合は広範囲、大規模となる事例が多く、地下水の場合は小規模となることが多い。

また、地域別取水割合の状況を図3.9に示す。これによると上位3位までの取水割合が大きく、1965年と1979年と比較した場合は上位2地域の減少分が他の地域の増加を促す傾向にあることが判る。

同じ広域化といっても水源の種別によりその範囲も異なってくるので、そのような観点から地域毎の特性について分析する。以下、水源の種別のうち、代表的なものとして表流水と地下水のうち深井戸について取り上げる。

### (1) 表流水

表流水の各地域毎のシェアについて図3.10によりみると全国の表流水の実に35.6%が関東臨海地域で取水されており、関東臨海、近畿臨海、東海の3地域で63.2%になる。これに近畿内陸を入れるとこの4地域で全国の70%近くを取水していることになる。

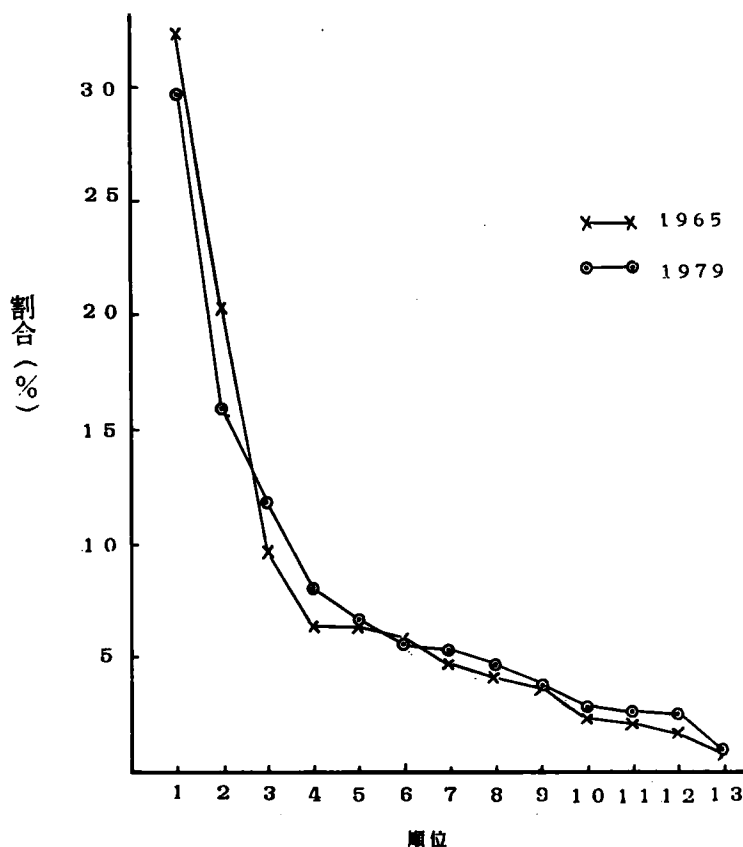


図3. 9 地域別取水割合

その地域シェアの変化をみると、関東内陸、近畿内陸、山陽、山陰の4地域では1965年の方が1979年より大きく、特に、近畿臨海地域でのシェアは24.2%から18.7%と大きく落ち込んでいる。一方、東海、東北、北海道、関東内陸、北陸の増加が大きい。北九州、近畿内陸では横ばいの傾向を示している。

これを図3. 11でみると、1965年に比べて1979年は全国的に平均化の方向にあることが判る。特に1位、2位の順位の地域割合の減少が著しく、8～12位ではいずれも増加していることが判る。

図3. 12は総取水量の地域シェアでもって表流水の地域シェアを除いたものである。すなわちこれによると北海道、関東臨海、近畿臨海、近畿内陸では1965、1979年とも全国平均より表流水に依存している割合が大きい。東北、北九州については1979年になって全国平均を上回っている。全般的にみると年度が移るにつれて表流水への依存

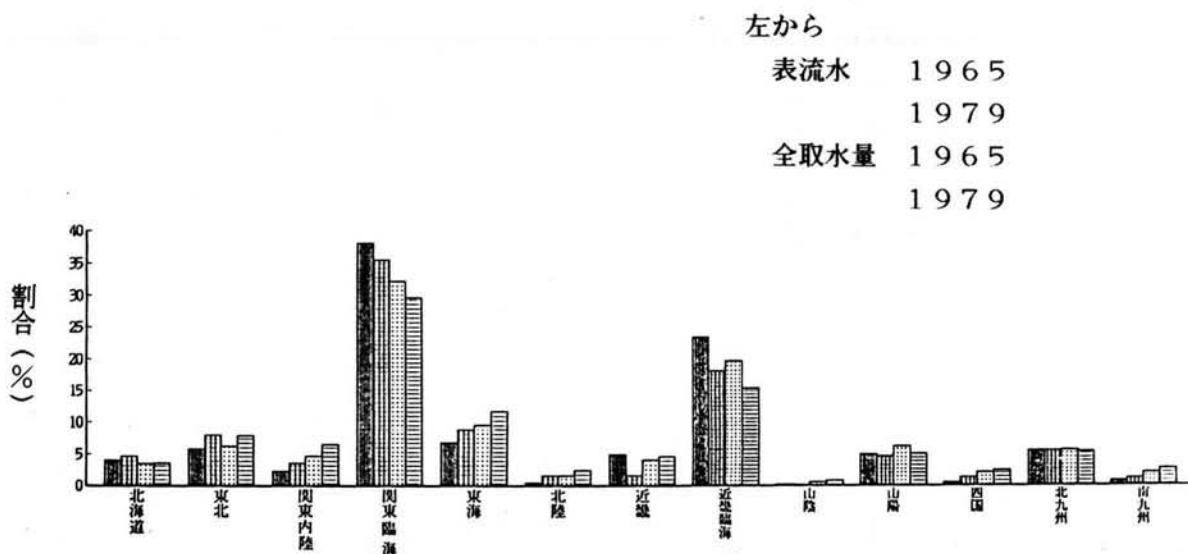


図3.10 取水量の地域シェア

割合が大きくなっているが、関東内陸と山陰ではむしろ逆の傾向を示している。表流水の依存割合の小さいところに関東内陸、山陰、四国、南九州があげられる。

## (2) 深井戸

深井戸からの取水量も1965年の7.1億 $m^3$ から1979年は20.2億 $m^3$ と2.85倍になり全取水量の増加率2.05倍より大きく、また、1979年の全取水量に占めるシェアは15.2%になっている。

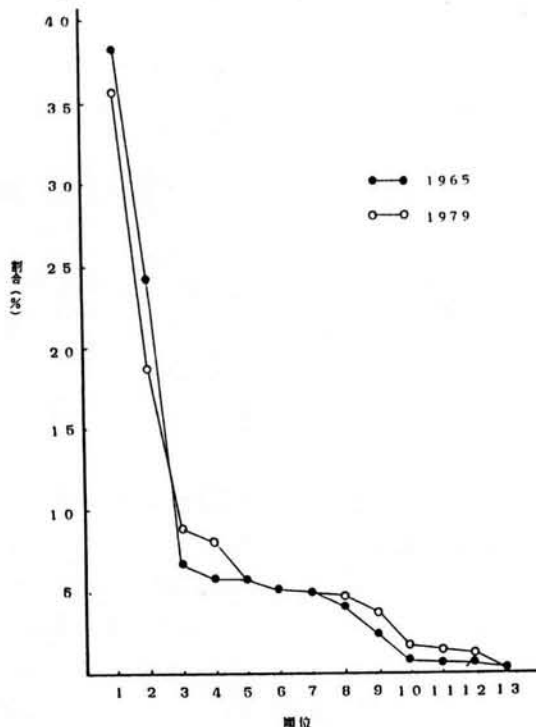


図3.11 表流水地域別取水割合

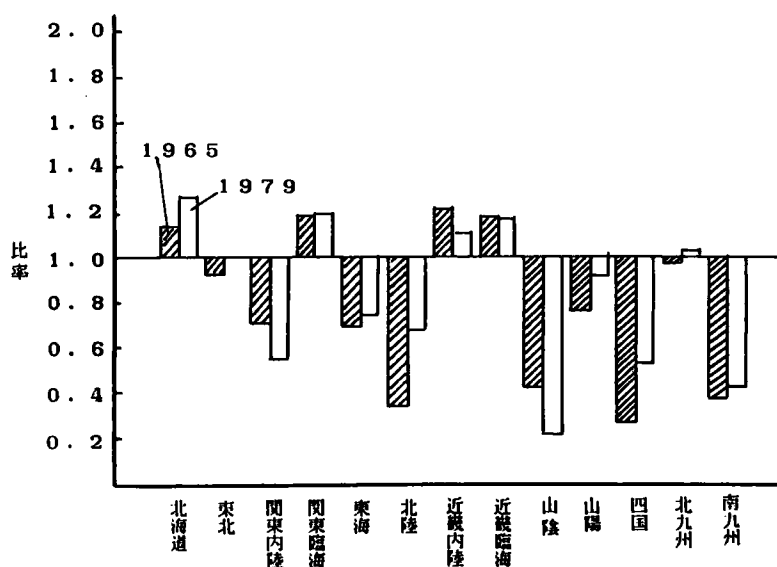


図3.12 表流水依存状況 1/取水量の地域シェア

また、地域毎のシェアとその推移をみると、関東臨海、東海、関東内陸の3地域で全国の水取量の60%を占めていることが判る。1965年に比べ1979年の取水量のシェアが増加した地域は、東海、関東内陸、東北、南九州、近畿内陸、山陰、北海道で、中でも関東内陸の増加が著しい。逆に減少した中で最も著しいのは関東臨海で、地盤沈下の防止に伴う地下水汲み上げの自制的影響も考えられる。

地域毎の割合を1965年と1979年について順位をつけて比較すると図3.13のようになる。これによると上位3地域が10%以上の割合を占めており、その他の地域は7%以下の割合となっている。また、1979年は1965年に比し1位の関東内陸の数値が大幅に小さくなり、その分その他の地域の割合が少しずつ増加していることが判る。

また、全取水量における深井戸依存状況を全国値を1.0とした場合について図3.14に示す。これによると、全国平均より著しく依存比率の高い地域に関東内陸、東海、北陸、南九州がある。関東臨海は全国的な割合から見ると高いが全取水量が大いため、値は全国平均並みとなっている。

北海道、山陽では深井戸依存状況が著しく低い。それに、近畿臨海、北九州が続いている。

以上のことから深井戸依存型地域として著しい地域に関東内陸、北陸、南九州が上げら

れ、著しく低い地域に北海道、山陽があることが判る。その他の地域はその中間に位置するといえる。

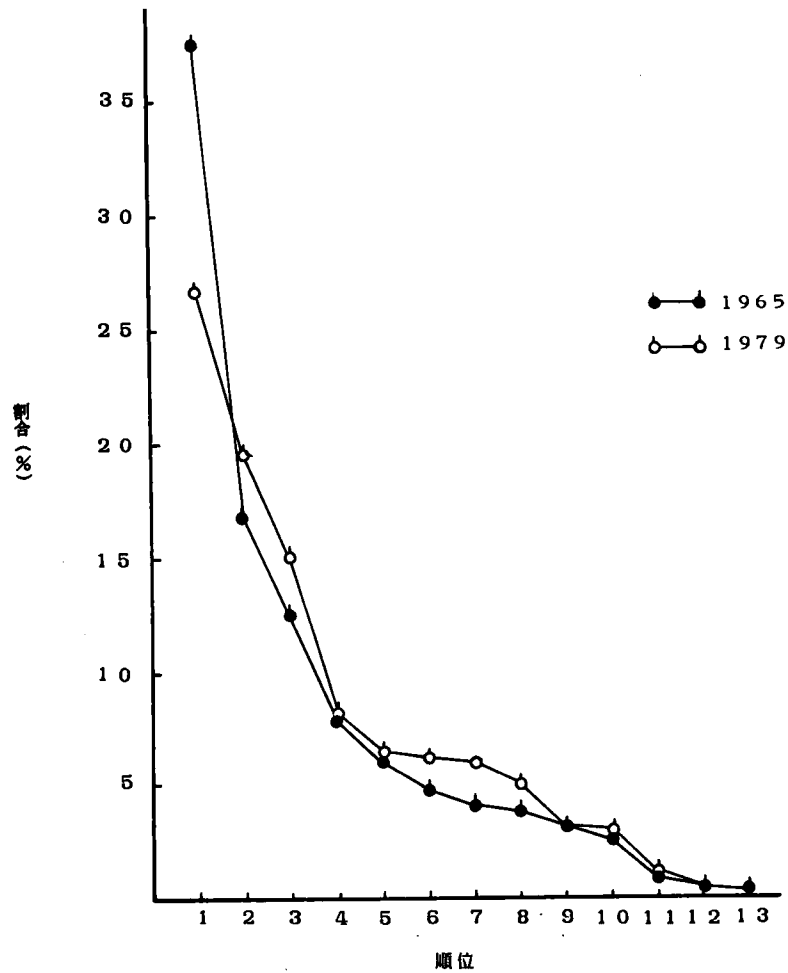


図3.13 深井戸地域別取水割合

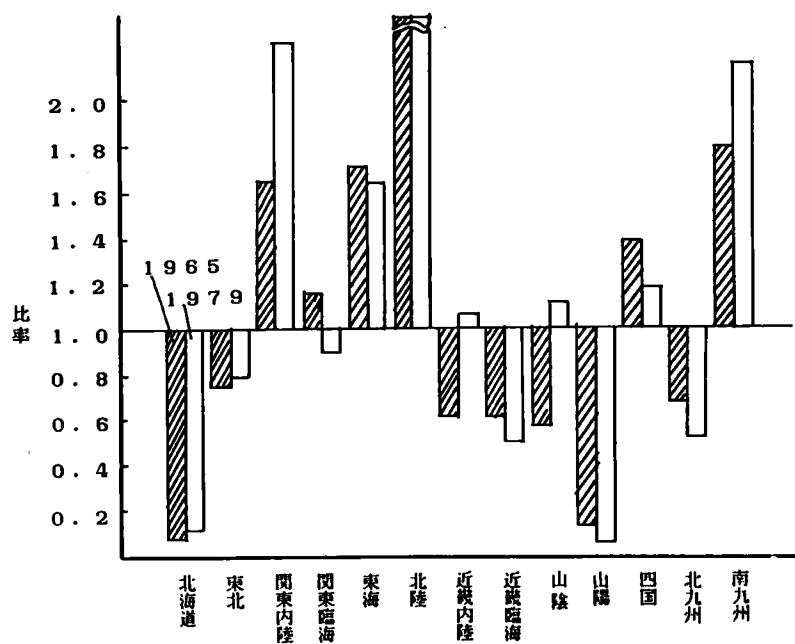


図3. 14 深井戸依存状況

### 3-2 首都圏水道施設の均質性評価<sup>7) 8) 9) 10)</sup>

首都圏はわが国の国土の中心地でもあり、全人口の3分の1が集中している。中でも埼玉、千葉、東京、神奈川の4都県は関東平野を中心に立地しており、都市域においてはビル、家屋などが密集している。特にこの20数年急激な人口増、都市活動の活発化やビル建設のラッシュ、高度経済成長に伴う産業活動による水使用の増加等により水需要は著しい増加をみえてきた。これらの水需要に対処するため、利根川等大河川の上流にダムを建設するとともに、水道施設面においても広域的な施設整備を行ってきた。

広域的な水道施設の整備は都県の行政区域を越えた計画が再々提案されながらも実現に至っていない。但し、東京都の水道水源は行政区域外からのものが50%以上になっており、水源確保の点からは都県行政区域を越えた広域的な整備が進められていると言える。

また、都県毎の水道の広域的整備は着々と進められている。そのほとんどは水道用水供給事業であり、水需要の急増に対処するための水の広域的公平配分の一環といえることができる。

本節では首都圏の中でも水需要の増大の著しい埼玉、千葉、東京、神奈川の4都県について水道の広域化の現状について記述するとともに、4都県の水源、浄水種別、稼働率、配水管種、配水管容量、給水量の月別変動等についてそれぞれの特性を分析し、広範囲な地域における水道広域化の可能性について考察する。

#### 1 広域水道の現状

首都圏における都県にまたがる広域水道は無いが、各都県毎に水道用水供給事業等、または数市町村の行政区域にまたがる水道事業が存在している。(図3.15、表3.1)

##### (1) 埼玉県

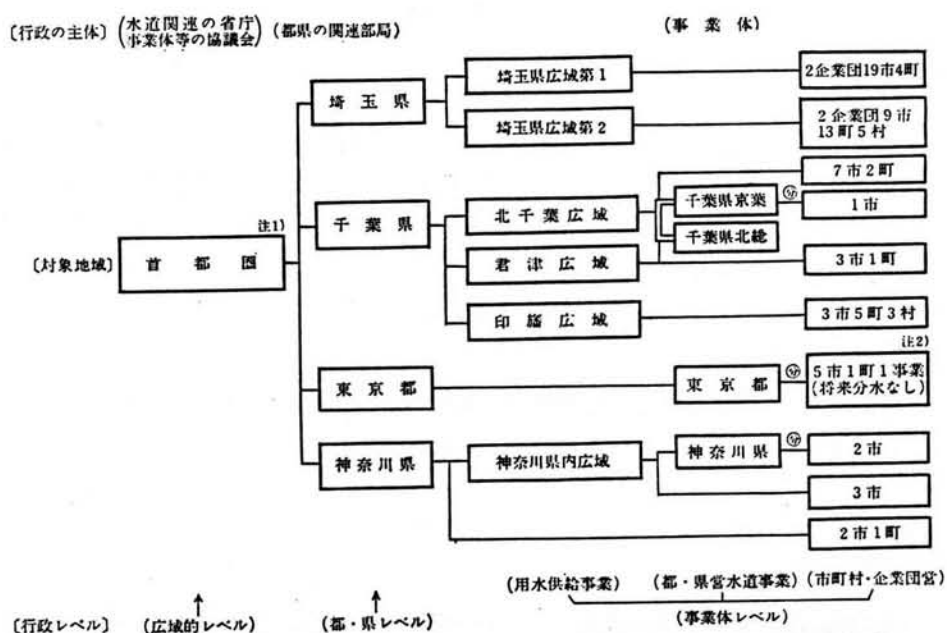
埼玉県では、水道用水供給事業として埼玉県営広域第一と広域第二の2つの事業がある。広域第一は当初、埼玉中央、東部、西部と順次創設したものが、合併統合して現在の姿になっている。広域第一は供給対象市町村等は2企業団と19市4町に及んでおり、受水団体の計画給水人口は343万人、広域第一による計画一日最大給水量は201万 $\text{m}^3$ である。県営広域第二水道は2企業団、9市13町5村に供給しており、受水団体の計画給水人口は147万人、広域第二による計画一日最大給水量は40万 $\text{m}^3$ である。

埼玉県の水道用水供給事業は、昭和30年代の後半から40年代に創設されたものであ



図3.15 首都圏における広域水道の状況

表3.1 首都圏における水道広域化



注1) ここでの首都圏とは、本調査の対象範囲を示している。また事業体間の関連は水の流れを表わしているが、各事業体はその流れによる水量のみに依存しているわけではない。

注2) 昭和57年4月より4市1町1事業

注3) ②は水道事業からの分水を示す。



る。いずれも県内の市町村が自らの行政区域内の地下水等の水源では浄水量を賄いきれなくなり、荒川、利根川に水源を求め、広域的に供給することにより県内の水道水の供給バランスを取ることを目的として創設された。将来は広域第一と広域第二を統合し、一つの県営広域水道用水供給事業とすることも計画されている。

数市町村にまたがる広域水道事業には、埼玉県南水道、越谷松伏、皆野・長瀬、桶川北本、坂戸鶴ヶ島、都築川・玉川の6つの企業団が存在している。埼玉県南水道企業団は浦和市を中心に規模が大きいがその他の5つは2つの市町村を供給対象とする小規模広域水道である。

## (2) 千葉県

千葉県の水道用水供給事業には、北千葉広域水道、東総広域水道、君津広域水道、九十九里地域、印旛沼広域水道の5つの企業団が存在する。北千葉広域水道は千葉県水道事業の給水区域とその他7市2町に用水を供給しており、計画一日最大給水量は53万4千 $\text{m}^3$ である。東総広域水道は銚子市等2市4町に1日6万5千 $\text{m}^3$ を供給することになっている。

君津広域水道は千葉県営水道事業の給水区域とその他3市1町に1日13万5千 $\text{m}^3$ 供給する計画である。千葉県営水道事業は上述の北千葉広域水道と君津広域水道の両者から水道用水の供給を受けることになる。すなわち、千葉県営水道事業を介して北千葉広域水道と君津広域水道の供給対象地域は重なっている。

九十九里地域水道は、山武郡市、長生郡市等の3つの水道事業企業団に水道用水を供給するもので、計画一日最大給水量は1万 $\text{m}^3$ と規模が小さい。印旛沼広域水道は印旛沼周辺の市町村に水道用水を供給するために最近創設された。広域水道事業では千葉県営の京葉水道と北総水道が規模が大きい。京葉水道は千葉市を中心に市川、船橋等千葉県の人口急増集中地域を給水対象としており、計画1日最大給水量は135万 $\text{m}^3$ となっている。また、北総水道は成田国際空港建設を契機に成田市等6市長村を給水対象として設けられた広域水道で計画1日最大給水量は19万 $\text{m}^3$ である。その他の広域水道事業としては、長門川水道、小見川水道、山武郡市広域水道、長生郡広域市町村組合、三芳水道、朝夷水道等の企業団が存在するが、いずれも規模が小さい。

## (3) 東京都

東京都では、23区を対象とした東京都営水道事業が三多摩地域の水道事業と合併統合しつつある。東京都の計画1日最大給水量は756万 $\text{m}^3$ で、その他三多摩地区の未合併

市に大して分水を行っている。また、多摩市、八王子市等にまたがって造成されている多摩ニュータウンは独自の水道事業があり、これも数市町村の行政区域にまたがった広域水道ということができる。東京都の場合は、23区の水道事業を中心に三多摩地域の市町村の水道を合併していわゆる広域的な水道事業の建設を行おうとしている。三多摩地区への分水は水量からいえば、他の県では水道事業体にあたる程度の大量であるが、23区の給水量が莫大であり、かつまた将来統合を前提としているので分水という過渡的な取扱いを行っている。

#### (4) 神奈川県

神奈川県の水道用水供給事業には神奈川県内広域水道企業団があり、横浜市、川崎市、横須賀市及び神奈川県営水道事業の給水区域に水道用水を供給しており、計画1日最大給水量は203万 $\text{m}^3$ である。従来、横浜市等4つの水道事業は相模川を水源として個々に取水してその水を供給してきたが、酒匂川の上流にダムを建設し、これを水源とするにあたり、水道用水供給事業という形態でもって地域の水供給のバランスを取ることににより、重複投資等を排除し、合理的な水道施設を建設したものである。広域的な水道事業としては神奈川県営水道事業があり、藤沢市等20市町を給水多少として計画1日最大給水量は121万 $\text{m}^3$ となっている。この広域水道事業は、県内の横浜市、川崎市、横須賀市を除いた主要な地域を対象として水道水の供給を行っていると言える。(図3.16、図3.17)

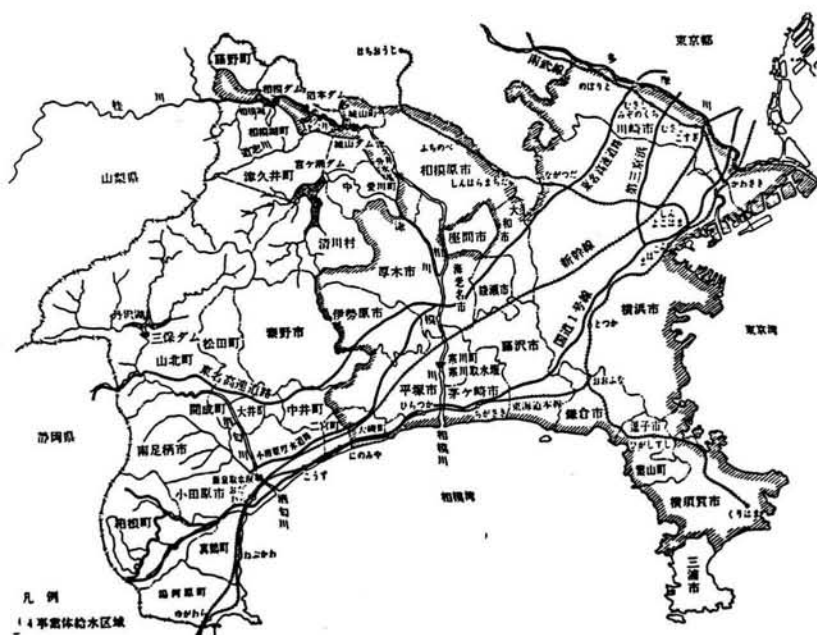


図3.16 神奈川県水源施設図

(神奈川県下における広域利水 藤岡宏 昭和54.8 水道協会雑誌より)

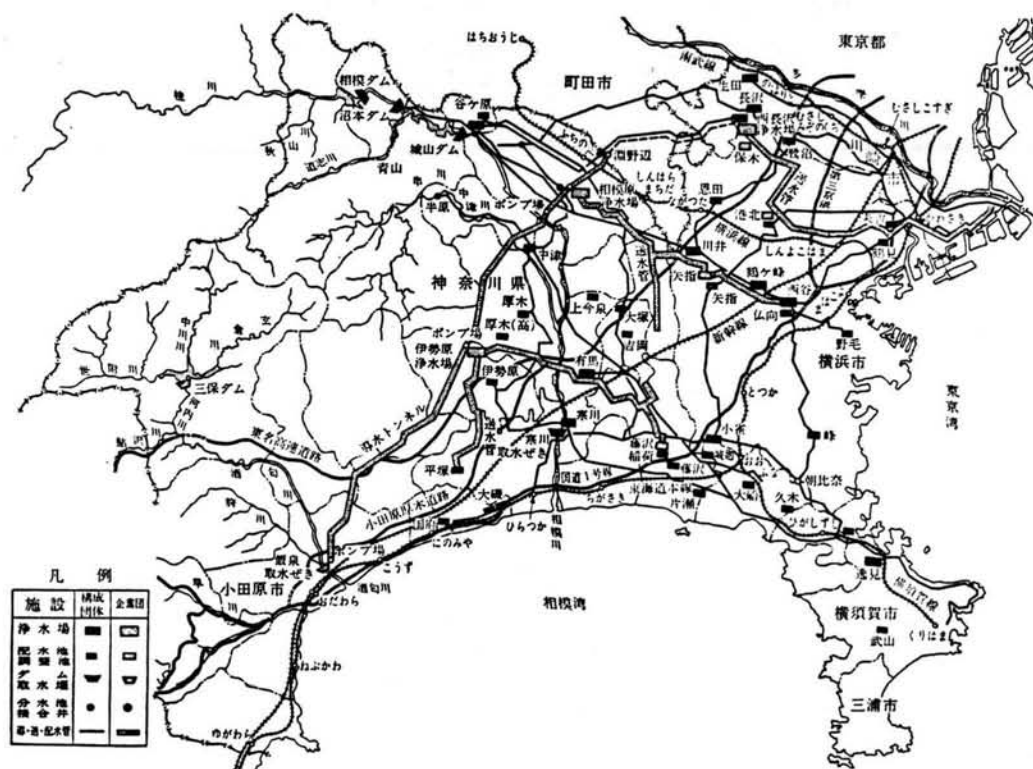


図3.17 神奈川県内広域水道企業団施設概要図

(神奈川県下における広域利水 藤岡宏 昭和54.8 水道協会雑誌より)

## 2 水道施設の均質性評価

首都圏の4都県の水道の要素について分析を行い、その類似性、相違についての考察を行う。同じ首都圏ということで関東平野を中心にして一つの水道とする広域化の課題があるが、都県により特性がみられ、仮に行政区域の課題がないとしても一挙に統合、再編成できるものかどうかについても検討する。

均質性の評価を行うにあたって、それぞれの要素についての現状分析を行うとともに、一部の要素について4都県の比較を行うための評価方法として次式を用いる。

$$f = \sum a_i x_i / \sum a_i^2$$

ここで  $a_i$  : 各項目毎の全国平均値

$x_i$  : 個々の都県における各項目毎の数値

この数式は全国平均を一つの基準においた目安値であり、算定値が1.0に近いということは全国平均的な傾向に近いということであり、大きく掛け離れているということは地域的な特性があるということができる。

### 1) 水道の現状分析

#### (1) 総人口と現在給水人口

昭和54年度末の総人口では図3.18のとおり、この4都県で全国の24.4%、給水人口では25.9%といずれも全国の4分の1程度を占めている。東京都が全国の10%を占めて桁違いに大きいが他の県は人口で4.0~6.9%の範囲にあり、極端な差があるわけではない。4都県とも全国規模でいえば人口の多いことでは一致している。

#### (2) 水道普及率と上水道給水人口の割合

水道の普及率を水道全体における上水道の給水人口の割合をみると図3.19のとおり上水道の給水人口の割合はほぼ傾向が類似して上水道のウェイトが高い。千葉県は、普及率が低くなっている。即ち千葉県のみが上水道人口の割合が他の都県と類似しているにもかかわらず水道の普及が遅れているということが一つの特性として表れている。

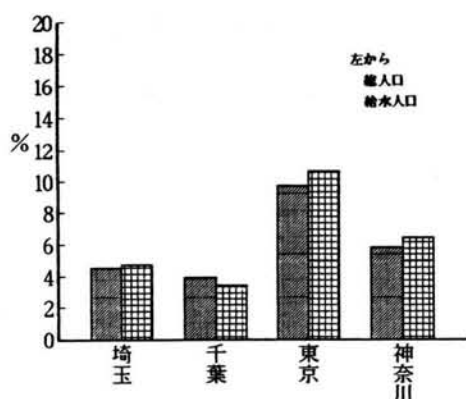


図3.18 総人口と給水人口の  
全国に占める割合

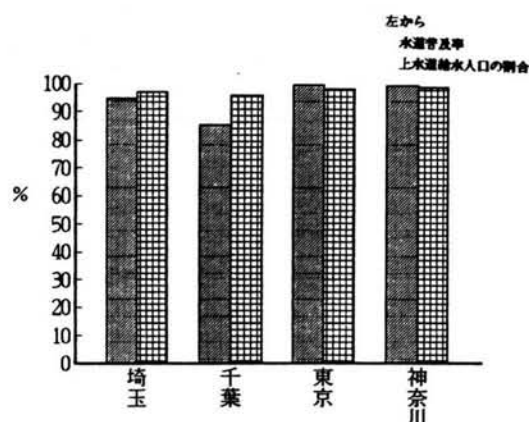


図3.19 水道普及率と  
上水道給水人口の割合

### (3) 水源別割合

水源別取水量の割合は図3.20のとおり、ダム直接取水では神奈川県が35%と高く千葉県が10%台で続いている。東京都、埼玉県はほとんどゼロである。ダム放流水の取水では神奈川県、千葉県が高くこれに東京都が続いている。一方、河川自流の取水では東京都が60%台と高く、その他の県では全国平均以下の率となっている。

ここで特徴的なことは、埼玉県において深井戸が70%台と高いことと、千葉県が30%台で続いていることである。東京都、神奈川県ではダム直接取水、ダム放流、自流等の相違はあってもいずれも表流水が大部分を占めており、4都県間に水源の面での相違点が表れている。

図3.20における水源別割合をもとに評価式をもとに算定した結果を図3.21に示す。これによると埼玉県、神奈川県が全国平均より低く、千葉県、東京都は高い。また、4都県全体では全国平均より上回っている。埼玉県、神奈川県の値が低いのは、全国的には河川自流シェアが高いにもかかわらず、両県共河川自流シェアが低いことによるものである。埼玉県の場合は、現在のところ地下水依存率が高いことから値が小さくなっているが、将来は大量の河川水を取水する計画があり、近々全国平均的な傾向に進むものと考えられる。

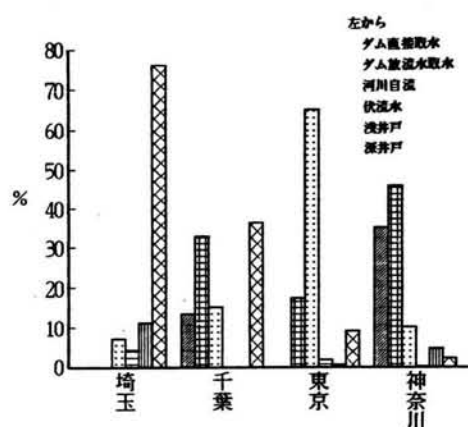


図3. 20 水源別割合

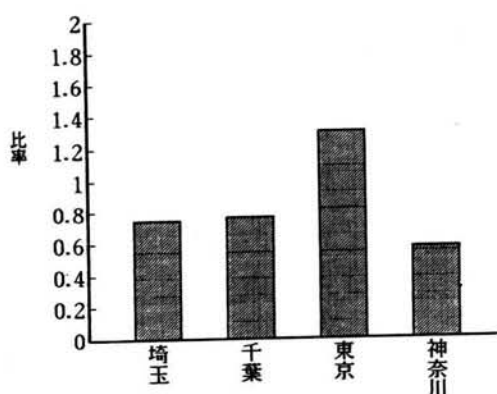


図3. 21 同左評価指数

#### (4) 年間浄水量の浄水種別毎の割合

年間浄水量の浄水種別毎の割合は図3. 22のとおりであり、急速ろ過方式では神奈川県、東京都は80%台を占め千葉県が60%台である。ただし埼玉県は10%台と低い。埼玉県が低いのは地下水取水量が多いことによる。緩速ろ過はすべての都県で10%以下で全国平均より低くなっている。特殊処理を行っているところは埼玉県が50%近くあるが、その他は10%以下である。埼玉県の特種処理の多いのは前述のように地下水に伴う処理によるものである。消毒のみで給水しているところの多いのは埼玉県、千葉県であり30%近くある。これは地下水によるものである。東京都、神奈川県は10%以下と低いことが判る。浄水種別の相違は当然のことながら水源との関係を表しており、表流水取水の多い神奈川県、東京都が急速ろ過方式の割合が高くなるし、地下水取水の多い埼玉県は少なくなっている。だから分析する要素の中で水源別と浄水種別は関係があるとして整理する必要がある。

図3. 22の年間浄水量の浄水種別毎の割合をもとに評価式により算定した結果を図3. 23に示す。これによると、千葉県が全国平均並み、東京都、神奈川県が高く、埼玉県が低い。4都県を平均すると1.0より大きくなっている。埼玉県の値が極端に低いのは全国的には急速ろ過方式が大きなシェアを確保しているにもかかわらずそのシェアが低いことによっている。埼玉県ではその分地下水を水源とした場合の特種処理を行うところが多いが、全国的には小さいシェアしか占めていないので影響が少ない。

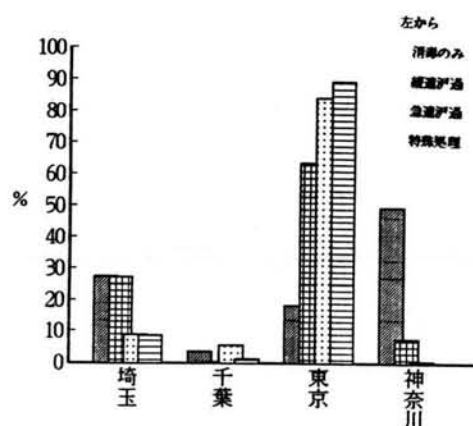


図3. 22 年間浄水量の  
浄水種別毎の割合

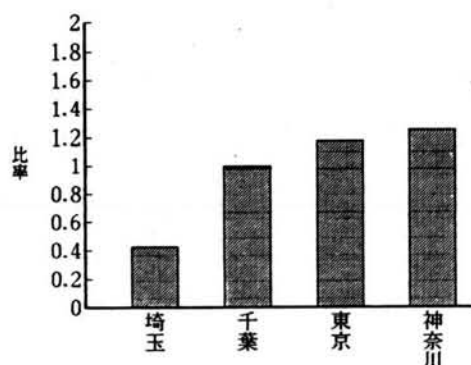


図3. 23 同左評価指数

#### 5) 1人1日当り給水量

1人1日当りの給水量をみると図3. 24の通り、最大、平均、有効、有収水量では4つの都県でほぼ同様の傾向にあることがわかる。即ち、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県順で量が多く、東京都、神奈川県は全国平均の値を上回っているが、埼玉県、千葉県は全国平均の値より低い。また、施設能力でみると神奈川県が際立って大きくその他の都県は最大、平均等の数値と同じ傾向を示している。神奈川県の施設能力が大きいのは最近の急激な拡張工事の結果であろう。

#### (6) 稼働率、負荷率、有効率、有収率等

利用量率は95～100%の間にあり、埼玉県が一番高い。これは地下水の割合が多いことにより浄水過程での水消費が少ないことによる。稼働率では東京都、千葉県が90%前後であるが、神奈川県は70%台と低い。それだけ神奈川県に施設面で余裕があるということである。負荷率ではすべて75～85%の間にあり、東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県の順で高い。有効率は千葉県、埼玉県と比較的水道施設の新しいところが高く、東京都は低い。有収率もほぼ同様の傾向がある。

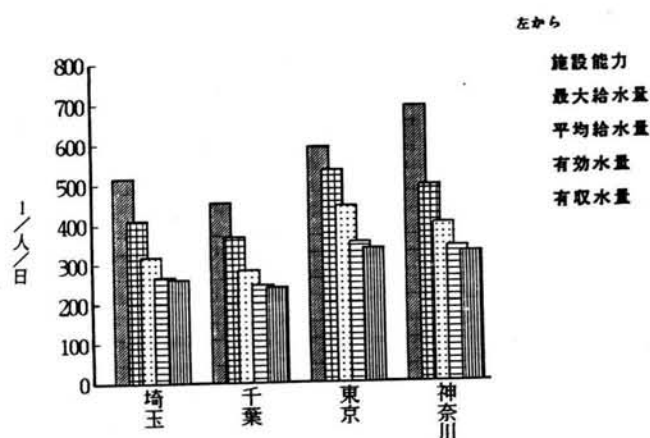


図3.24 1人1日当り給水量

稼働率、負荷率、有効率、有収率、利用量率を用いて評価式をもとに算定した。稼働率は1日最大給水量を施設能力で除した数値であるから、その値が高いことは施設を有効に利用しているといえる。一方、稼働率が低いことは施設に余裕があるという反面、施設が有効に利用されていない部分が多いということもできる。ここでは経済性の点を考慮して稼働率が高いほど良いという評価を与えることにした。

負荷率は1日平均給水量を1日最大給水量で除したものであるから、数値が大きい程水供給が平均化されており、むらが無いといえる。有効率、有収率はいずれも高い程その施設が有効に利用されるか、また、供給した水の料金が効率よく回収されていることを表している。従って、この内いずれの場合も数値が大きい程良いという評価をした。

利用量率は年間給水量を年間取水量で除したものであり、その数値が大きい程取水された水が途中で消費される割合が低いことを示している。例えば、地下水等は取水されればほとんど同量給水に回されるが、河川表流水の場合は浄水過程に於て一部の水が消費されたりしてその率が低くなる。利用量率が低いということは取水した水をより無駄なく利用できるということから弾力性があるといえるが、施設の効率性からいうと数値が大きいほど効率が良いといえることができるので、数値が大きい程良いとした。このような観点から図3.25をもとに稼働率等5つの指標を総合的に算定した結果が図3.26である。この図によると、千葉県の値が大きく、東京都、埼玉県がこれに続き、神奈川県は全国平均以下となっている。千葉県が大きいのは稼働率、有効率、有収率共この4県で一番大きいことによるものであり、神奈川県が小さいのは稼働率の低さが響いている。東京都の場合は、有効率、有収率が比較的低いことが大きく影響して千葉県より数値が小さくなっている。なお、4都県全国でみると図のように埼玉県が若干ながら大きく全国平均を上回っていることが判る。



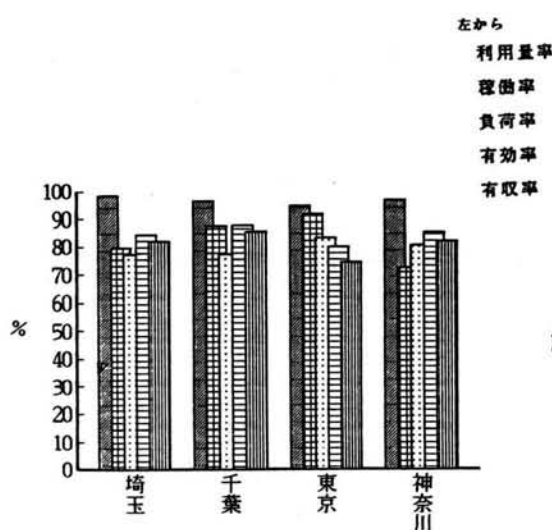


図3. 25 稼働率など

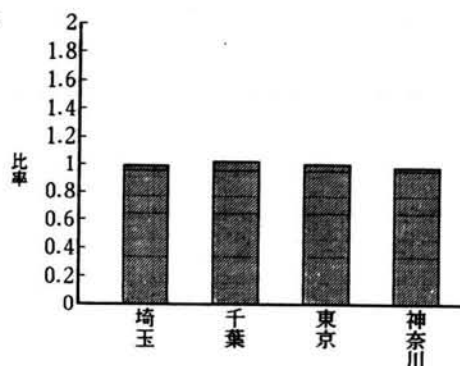


図3. 26 同左評価指数

#### (7) 給水量の月別変動

給水量の月別変動は図3. 27のとおりである。8月にピークをむかえ、2月が一番小さくなっている。全国平均に比べると、4～6月には4都県は一般に高く、1～3月には低くなっている。4都県でみると、東京都の変動が他に比べて緩やかで神奈川県の変動が大きい。千葉県、埼玉県はその中間にある。

図3. 27をもとに月別給水量の変動による数値を算定した。月別給水量の変動率は次式によった。すなわち、

$$\text{変動率} = \frac{\sum (x_i - X)^2}{\sum (a_i - A)^2} \quad (3)$$

ここに、  $a_i$  :  $i$ 月の給水量の全国平均値

$A$  : 全国の給水量の12ヶ月の平均値

$x_i$  :  $i$ 月のある都県の給水量

$X$  : ある都県の12ヶ月の平均給水量

この式により算定した変動率が低い程1年間を通じての給水量の変動が少ないということが出来る。給水の変動が少ないということは年間を通じて施設を変動なく使うことができ、これは安定的な供給につながるといえる。なお、数値を算定するにあたり、他の項目ではその数値が大きい程良いという評価を与えているので、ここでは逆数でもって算定した。図3. 28は変動率の状況を示したもので、神奈川県が全国平均の1.2倍になって

おり、埼玉県、千葉県はほぼ全国平均並み、東京都は全国平均の80%弱と変動率が低いことが判る。これを逆数として算定した結果が図3.29である。埼玉県、千葉県、神奈川県が全国平均以下であるにもかかわらず、東京都に引っ張られて4都県全体でみると全国平均を上回っていることが判る。

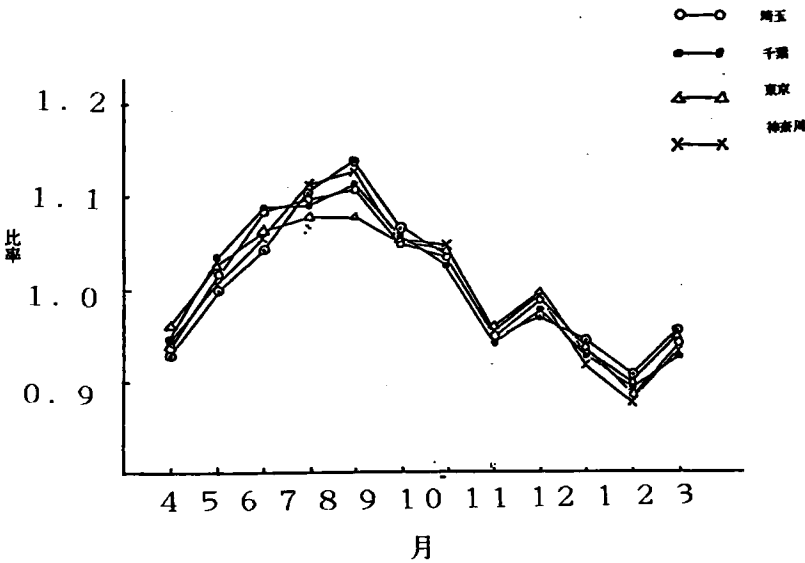


図3.27 給水量の月別変動

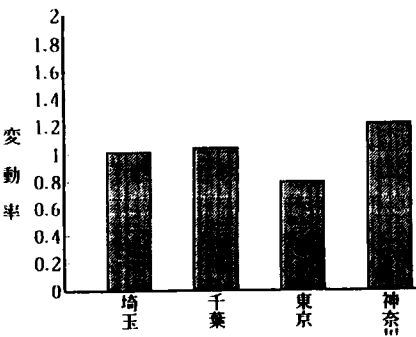


図3.28 月別給水量の変動状況

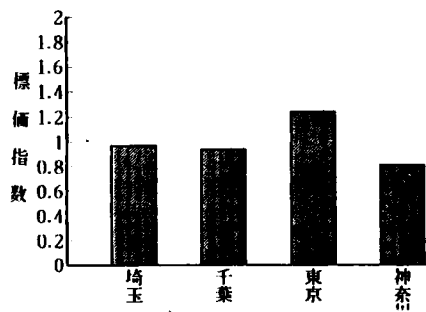


図3.29 月別給水量の変動率による  
評価指数

## (8) 単価当りの配水管容量

全国平均を1.0とした場合の単価当りの配水管容量を図3.30に示す。給水面積当りの配水管容量は4都県いずれも全国平均を上回っている。特に、東京都は全国平均の1.2倍、神奈川県は8倍と密度濃く配水管が敷設されていることが判る。また、埼玉県、千葉県は全国平均より若干上回っている程度である。管延長1m当りを見ても東京都は全国平均の3倍近く、神奈川県が2倍近い。これは太いパイプが多いことを示している。また千葉県は全国平均、埼玉県は平均を下回っている。すなわち、埼玉県が細いパイプが多いことを表している。現在給水人口当りで見ると東京都、千葉県が全国平均の1.5倍、神奈川県が全国平均、埼玉県は平均を下回っている。1日最大給水量で見ると千葉県、東京都が若干高いが、4都県それ程大きな差はない。施設能力当りで見ると、千葉県が若干高く、神奈川県は全国平均、埼玉県はそれより低い。単位当りの配水管容量を全般的にみると、いずれの項目においても東京都が一番大きい。これに千葉県、神奈川県が続き、埼玉県が一番低い。

配水管容量に与える要因としては、給水人口、給水量、給水面積、人口の集密度等がある。人口の集密度との関連では管の延長がある程度の影響を与える。ここでは現在給水人口、1日最大給水量、給水面積、施設能力、管延長の単位当りの配水管容量を算定し、その結果を総合的に評価して配水管容量による値を算定した。配水管の設計は計画時間最大

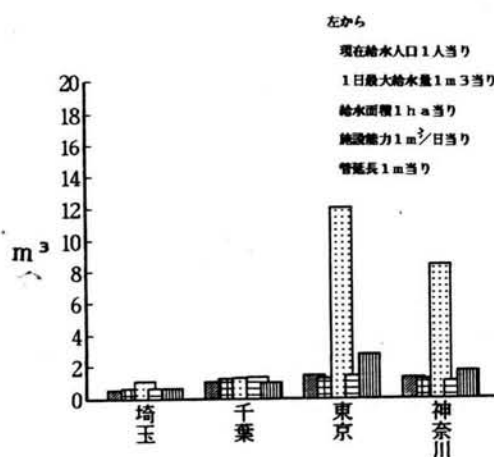


図3.30 単位当りの配水管容量

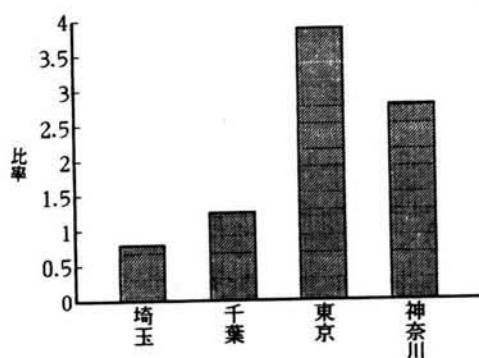


図3.31 同左評価指数

給水量をもとに算定するが、ここでは1日最大給水量を近似的に評価の項目として取り上げた。すなわち、図3.30から算定した数値が図3.31である。これによると東京都が全国平均の4倍近くになっており、神奈川県、千葉県がこれに続き、埼玉県は全国平均よりわずかに低くなっている。すなわち、東京都では狭い地域に高密度に人口が集積しており、その結果、配水管容量も全国平均より大幅に上回っていることが判る。そのような状況は神奈川県についてもいえ、この2都県が大幅に大きくなっているのは給水面積当りの配水管容量が全国平均より大きく上回っていることによる影響が強く出ている。4都県全体でながめてみても全国平均の2倍近い値を示している。

#### (9) 管延長における管種の割合

鋳鉄管は、東京都、神奈川県で多く使用されており、千葉県が全国平均並みである。グタイル鋳鉄管は埼玉県で多く使用されており、千葉県、東京都での使用は全国平均以下の割合となっている。銅管は全国平均並みの割合であるが、神奈川県の率が少しばかり高い。石綿管は、埼玉県、千葉県等小規模水道をかかえているところでの割合が高く、東京都、神奈川県と大都市地域では小さい。ビニール管についても石綿管と同様、埼玉県、千葉県の割合が高く東京都、神奈川県が低い。それでもいずれの都県も全国平均の比率より下回っている。

図3.32をもとに管延長における管種の割合による値を評価式をもとに算定した。図3.33にその状況を示す。この図によると埼玉県が一番値が大きく千葉県、東京都と続き、神奈川県は全国平均の0.7となっている。なお、4都県全体でみても、全国平均の0.8である。埼玉県、千葉県の値が大きいのは全国平均値で石綿管の割合が高いという結果がそのままこの両県に当てはまるからである。東京都、神奈川県では鋳鉄管の割合が大きい、全国平均レベルがまだそこまで到達していない結果、東京都、神奈川県の数値が小さくなっている。

#### (10) 建設事業費の施設別割合

建設事業費の施設別割合では、まず貯水施設についてみると、千葉県、埼玉県が全国平均を上回り、東京都、神奈川県は下回っている。取水施設、導水施設は東京都、埼玉県がほぼ全国平均並みで神奈川県、千葉県は低い。浄水施設では千葉県が高く、神奈川県が全国平均並み、東京都、埼玉県は低い。これは単年度の工事費を分析しているのでたまたま東京都、埼玉県における浄水工事が少なかったことの影響も現れているといえよう。送水施設は千葉県が大きく、その他は全国平均より低い。配水施設については、千葉県以外は

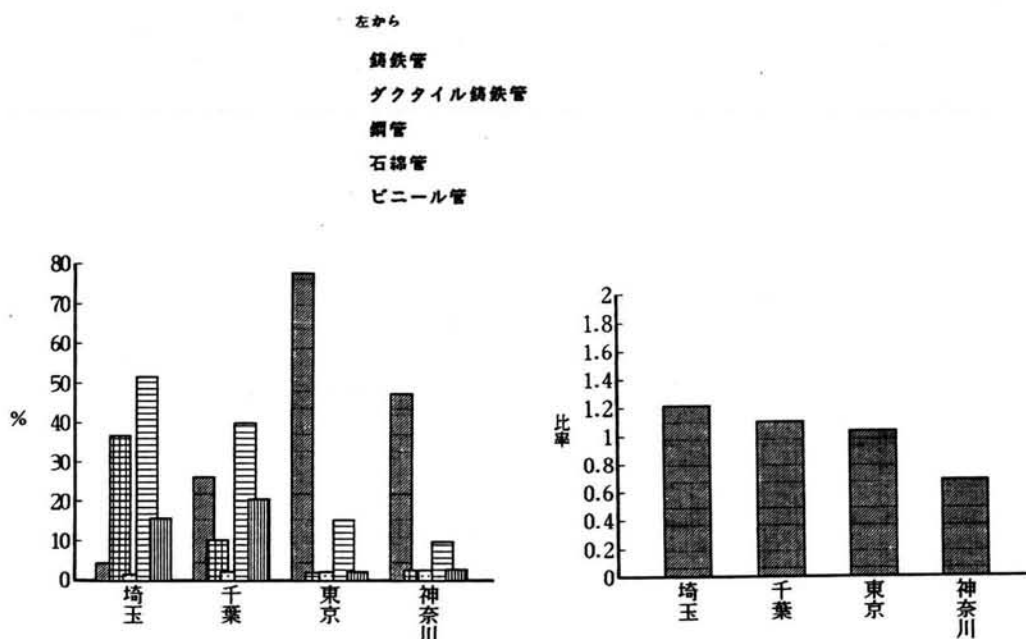


図3.32 管延長における管種の割合 図3.33 同左評価指数

全国平均より高く60%以上を占めている。千葉県は極端に低い。千葉県の場合は他の施設への設備投資の大きい影響が表れたといえよう。概して言えることは配水施設への投資がどの都県においても大きな割合を占めていることである。

図3.34をもとに、評価式により建設事業費の施設別割合による値を図3.35に示す。これによると、東京都、神奈川県、埼玉県は全国平均より大きい、千葉県は0.7と極端に小さくなっている。これは図3.34からもわかるように千葉県は配水施設に全国平均よりかなり低い割合の設備投資をしたことによる。その分、送水施設の割合が高くなっているが、全国平均の割合が低いので値への影響は小さくなっている。ここでいえることは、施設別の設備投資には全国的にみても配水施設への投資が圧倒的に大きい、埼玉県、東京都、神奈川県では全国平均以上の割合で投資を行っており、それが数値として高くあらわれていることである。逆にいえば、東京都、神奈川県、埼玉県等の大都市及び人口急増地域での配水管整備投資等が全国的に配水施設への投資割合を高めているともいえる。

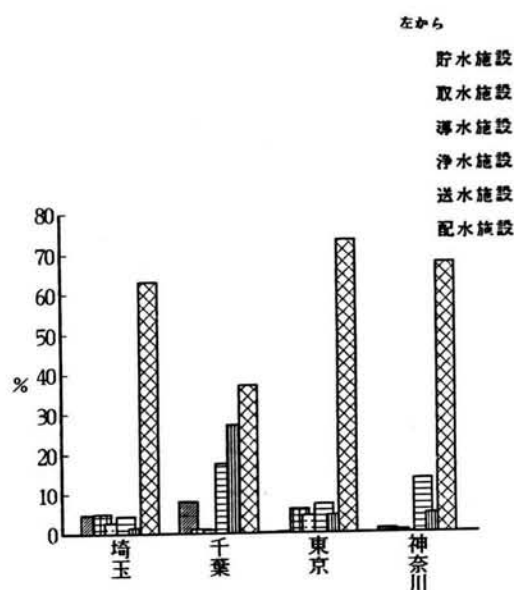


図3.34 建設事業費の施設別割合

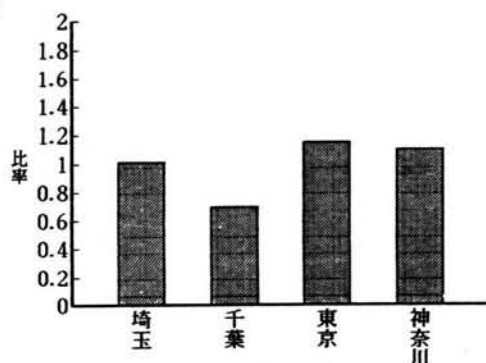


図3.35 同左評価指数

### (11) 有収水量別1 m<sup>3</sup>当りの比率

給水原価を有収水量1 m<sup>3</sup>当りでみると東京都が全国平均の1.3倍と高く千葉県、神奈川県が1.2倍台で続いている。埼玉県は0.9倍と低い。平均給水収益はいずれも給水原価より低く、その高低は給水原価と相関がある。この両者の比率でもっとみると、千葉県が0.9以下であるが、その他の都県は0.9～1.0の間にあることが判る。

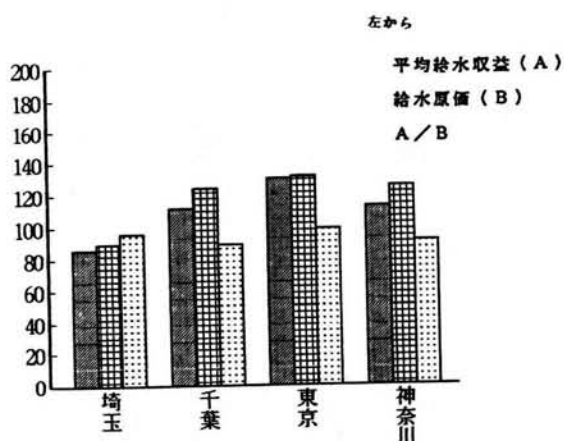


図3.36 有収水量1 m<sup>3</sup>当り

## (12) 資本的支出に占める割合

資本的支出に占める割合では新設拡張事業費が埼玉県、千葉県、東京都でほぼ似通った傾向で全体の70%前後を示しているが、神奈川県は非常に低い。これは神奈川県の拡張工事が一段落したことを表していると言えよう。改良事業費では神奈川県が全国平均を上回っているが他は全国平均より低く、未だ新設拡張に追われていることが判る。また、企業債償還金をみると神奈川県が大きく東京都が続いている。埼玉県、千葉県は全国平均並みである。

図3.37をもとに評価式により資本的支出に占める割合による値を算定し、図3.38に示す。ここでは埼玉県、千葉県、東京都が全国平均以上であるが、神奈川県は極端に小さい。これは、全国的に未だ新設拡張事業費が全体の60%を占めているにもかかわらず、神奈川県ではすでに改良事業費とほぼ同程度、すなわち、新設拡張工事がそれほどの額に達していないことによる。これは神奈川県ですでに新設拡張工事のピークを越えて事業費の伸び悩み気味なこともその原因といえよう。埼玉県、千葉県は全国平均より10%値が大きくなっているが東京都は全国平均並み、4都県全体ではほぼ全国平均並みの数値となっている。

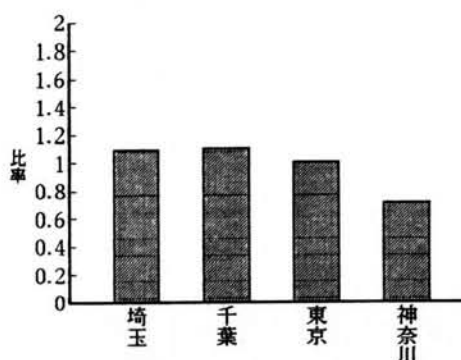
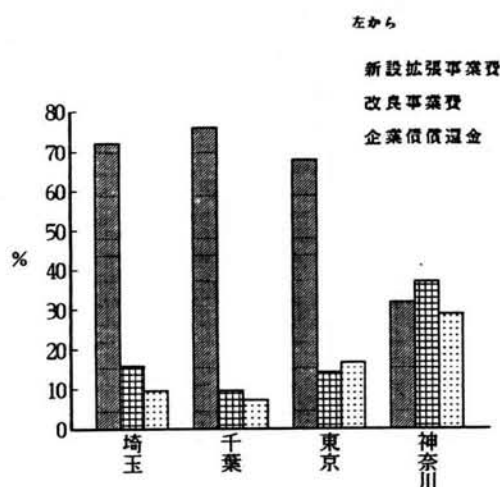


図3.37 資本的支出に占める割合

図3.38 同左評価指数

### (13) 費用構成に占める割合

費用構成に占める割合で大きな値を示しているのは支払利息である。千葉県が大きく、東京都、神奈川県がこれに続いている。これは、水需要の急増期に拡張工事を実施した折り、借入金を導入した結果の影響によるものである。減価償却費については千葉県の割合が大きい。東京都が比較的少ないのは耐用年数の経過した施設を多く抱えていることにもよるものであろう。修繕費は全般的に比較的差が小さいが古い施設がある東京都が若干高くなっている。動力費もあまり差がないが、東京都、神奈川県の比率が低く全国平均以下となっている。人件費もほぼ全国平均並みかまたそれより低い。薬品費は印旛沼の水質汚染等を反映してか千葉県の比率が若干高いがその他は全国平均程度となっている。

評価式による費用構成に占める割合からみた値を図3.40に示す。これによると東京都は1.0より大きい、埼玉県、千葉県は1.0より低く4都県全体でも1.0より小さい。しかし、いずれも0.9～1.03の間にあり、図でみるほど数値の上では大幅な変動はない。埼玉県、神奈川県の数値が他に比べて小さい原因は支払利息の割合がやや他より小さいことが影響している。

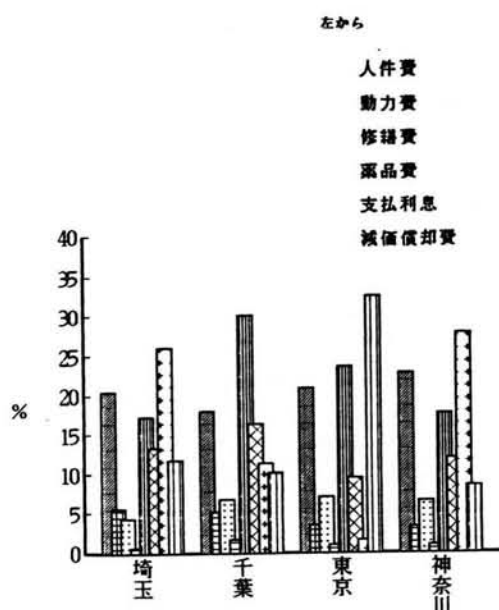


図3.39 費用構成に占める割合

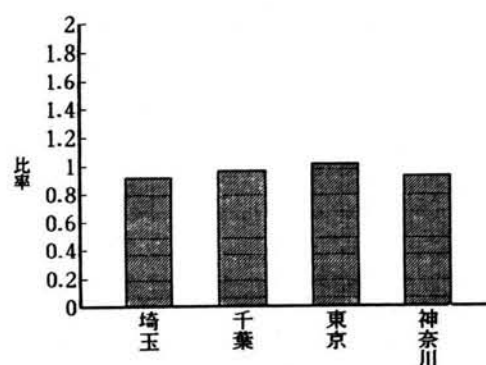


図3.40 同左評価指数



# (14) 職員1人当り業務量

職員1人当り業務量は図3.41のとおり全国平均を1.0とした場合、給水人口では埼玉県、千葉県、東京都の順で全国平均より高く、神奈川県は低い。営業収益では東京都が1.5倍以上と高く、千葉県は平均並み、その他の2県は平均より少し高い。有収水量は東京都、埼玉県が高く千葉県、神奈川県は全国平均以下である。給水量では、東京都、埼玉県が高く、千葉県は全国平均より大幅に低く、神奈川県は全国平均並みである。評価式による状況を図3.42に示す。千葉県、神奈川県が小さく、埼玉県、千葉県が大きい。東京都では営業収益が全国平均の1.6倍近くになっており、給水量、有収率共全国平均以上であることがこのような結果をもたらしている。大都市を抱えている神奈川県の数値が意外に小さいことが判る。

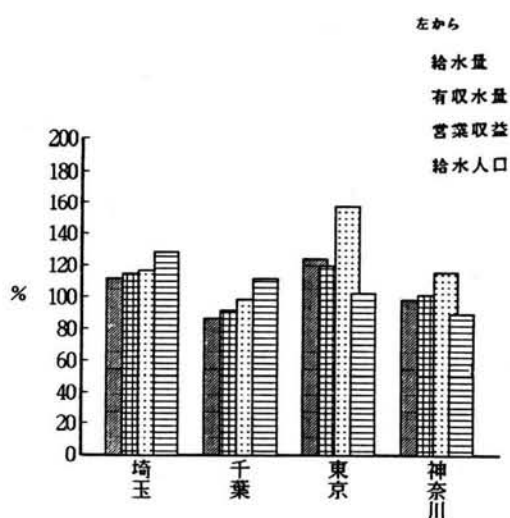


図4.41 職員1人当り業務量

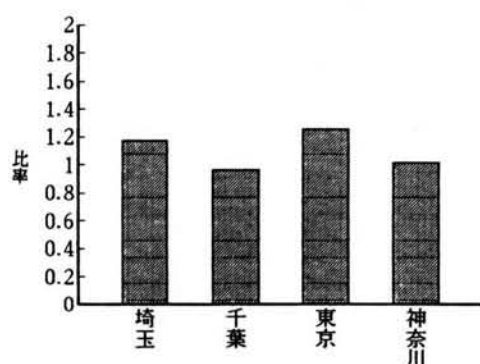


図3.42 同左評価指数

## 2) 総合的な評価

以上10項目について総合的な評価を行った。その評価方法としては4都県及び4都県全体の5つについて項目ごとに値の大きい順に5段階評価を行った。すなわち、5つのうち一番大きい数値のところを5、一番小さいところを1とした。その結果を表3.2に示す。また、それを図にすると図3.43のようになる。

### (1) 都県毎の評価

#### 1 東京都

都県毎にその状況を平均点の高い順でみると、東京都については、全項目において4都県の平均値を上回っており、平均値4.4と高い。また、数値においてもすべて全国平均値を上回っている。ということは、全国的な平均値に東京都が与えている影響が大きいということもできる。

東京都の中でも小さい値を示しているのは、使用管種と資本的支出の内訳である。使用管種において小さい値を示しているのは、全国的には、石綿管、ビニール管が比較的多く使用されているにもかかわらず、東京都ではその割合が低いことによるものである。

資本的支出に占める割合では、東京都は全国平均値を上回っているにもかかわらず、首都圏において数値が小さいのは埼玉県、千葉県の新設拡張事業費の割合が東京都のそれより大きかったことによるものである。

#### 2 千葉県

千葉県は平均値が2.9で4都県全体の平均値並みである。稼働率等、資本的支出の内訳項目において、首都圏の第一位を占めている反面、建設費施設別割合、職員1人当りの業務量では第4位である。稼働率等において値が大きいのは稼働率、有効率、有収率が高いことによる影響が大きくていいる。

資本的支出内訳では、全国平均からみて、新設拡張事業費の割合が高い傾向を千葉県においても示していることによるものである。一方、建設費、施設別割合の値が小さいのは全国平均値に比べ、配水施設における割合が、極端に小さいことによる。

職員1人当りの業務量では、給水量、有収水量、営業収益共、いずれも全国平均値を下回っており、その結果が小さい数値として表れている。いわばその面では千葉県の水道は効率が良くないといえよう。その他千葉県においては、浄水種別割合、月別給水量変動、

表 3. 2 首都圏における評価指数の総合的評価

| 項目        | 都県 | 埼玉  | 千葉  | 東京  | 神奈川 | 4都県 |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 水源別割合     |    | 2   | 4   | 5   | 1   | 3   |
| 浄水種別割合    |    | 1   | 2   | 4   | 5   | 3   |
| 稼働率等      |    | 2   | 5   | 4   | 1   | 3   |
| 月別給水量変動   |    | 3   | 2   | 5   | 1   | 4   |
| 配水管容量     |    | 1   | 2   | 5   | 4   | 3   |
| 使用管種割合    |    | 5   | 4   | 3   | 1   | 2   |
| 建設費施設別割合  |    | 2   | 1   | 5   | 4   | 3   |
| 資本的支出内訳   |    | 4   | 5   | 3   | 1   | 2   |
| 費用構成内訳    |    | 1   | 3   | 5   | 2   | 4   |
| 職員一人当り業務量 |    | 4   | 1   | 5   | 2   | 3   |
| 合計        |    | 2.5 | 2.9 | 4.4 | 2.2 | 3.0 |
| 平均        |    | 2.5 | 2.9 | 4.4 | 2.2 | 3.0 |

左から

埼玉 千葉 東京 神奈川

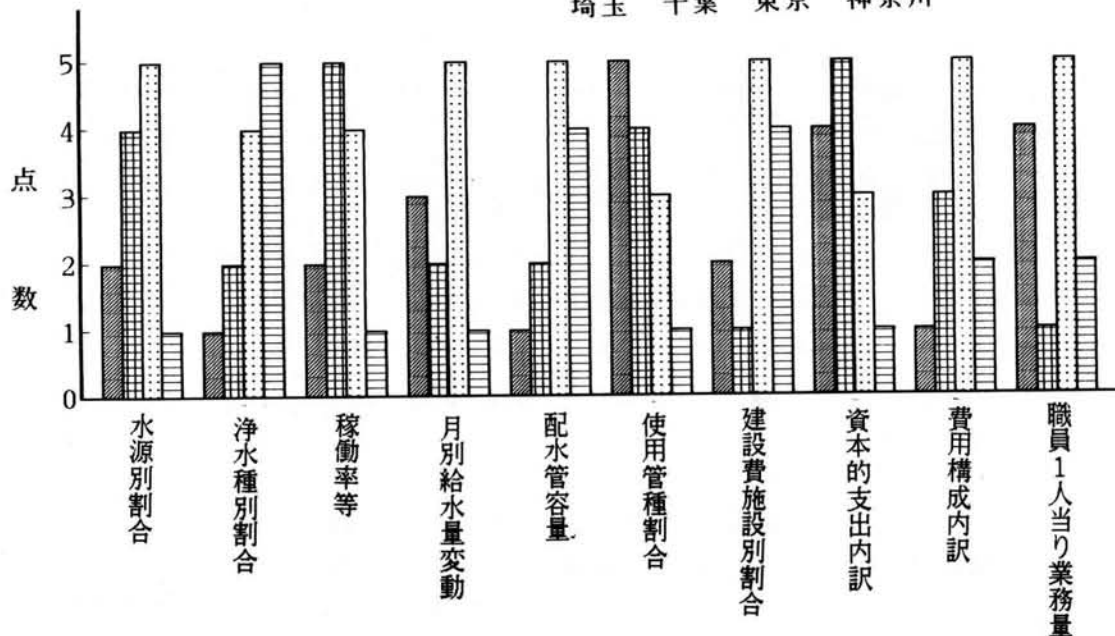


図 3. 4 3 首都圏における評価指数の比較

配水管容量で4都県の平均を下回っているが、水源別割合、使用管種割合では、これを上回っている。

### 3 埼玉県

埼玉県の平均は、2.5で、首都圏の第1位は使用管種割合である。これは、石綿管、ダクトイル管の使用割合が他の都県より大きいことによるものである。石綿管の使用割合が多いということは、埼玉県は都市型の水道形態を有すると共に、地方小都市、農村の形態を有していることも表していると言えよう。また、浄水種別割合、配水管容量、費用構成内訳においては、首都圏の第4位である。浄水種別割合における値が小さいのは、全国的にみると急速汚過の割合が高いにもかかわらず、その割合が低いことによっている。これは埼玉県における地下水利用の大きさと関係している。

配水管容量では、現在給水人口、1日最大給水量、給水面積、施設能力、管延長のいずれの単位当りの数値も4都県のレベルからいうと低く、まだまだ管の敷設の余地が残されているといえよう。このことは、埼玉県が東京都の近郊として人口が急増し、それに対応した水道施設の建設を進めながらも、管敷設の点では、未だ首都圏平均のレベルに達していないことを示している。また、全国平均と比べても、単位給水面積当りを除いて他の項目ではいずれも全国平均以下という状況にある。

費用構成内訳では、4都県において大きな格差がないが、埼玉県が第4位となった原因としては、他に比べて支払利息の割合が小さいことが影響している。昭和30～40年代にかけての需要水量急増期において全国的に水道施設の建設が進められ、その折りの借入金の支払利息が今日の水道経営を圧迫しているが、首都圏においては埼玉県以外の都県がよりその支払の割合が高いということである。また、埼玉県においては資本的支出内訳、職員1人当り業務量は第2位であるが、水源別割合、稼働率等、建設費施設別割合では第3位となっている。

### 4 神奈川県

神奈川県は、横浜、川崎、横須賀市等大都市をかかえているにもかかわらず、平均値が2.2と首都圏第4位で全国的な水道の状況とは掛けはなれた傾向を示している。首都圏第1位は浄水種別割合である。これは、急速汚過方式による割合が神奈川県においては90%と高い率を示していることによるものである。すなわち、全国の施設からみて急速汚過方式が多く用いられているが、神奈川県はより多く用いているということである。その一方、水源別割合、稼働率等、月別給水量変動、使用管種割合、資本的支出内訳の5項目

においてはいずれも首都圏第4位となっている。水源別割合で値が小さいのは、全国平均からみると河川自流水の取水の割合が高いが神奈川県ではダム放流水取水の割合が高いことによる。河川から取水する場合、ダム等の水道水源施設を建設すること無く、しかも年間を通じて安定的に取水できればそれにこしたことはないが、大量の取水を行う場合、ダム等の建設を行わざるを得ないのが現状である。神奈川県のように大河川を有せずしかも需要水量の大きい地域ではダム等の建設による水道水源の取水はやむを得ないところである。

稼働率等で安定度が低い原因としては稼働率の低さが上げられる。稼働率が低いということは、それだけ施設に余裕があってその点では安定性が高いといえるが、水道経営の点では効率が悪い。神奈川県の場合は昭和40年代の水需要急増期に大幅な拡張工事を実施した先行投資的な施設が今日の稼働率の低下をもたらしているといえよう。

月別給水量変動においても首都圏において一番稼働率が高い。ということは、月毎の給水量にむらが大きいということであり、これは神奈川県における特異な需要特性を示している。使用管種別割合では、石綿管、ビニール管の使用割合の低さが影響している。その分、鋳鉄管の割合が大きくなっている。

資本的支出割合では、新設拡張事業費の割合の低さが影響している。全国的にみると、未だ新設拡張事業費の割合が60%を占めている段階で神奈川県は30%台に落ち込んでおり、本県においては改良時代に入ったという傾向を示している。これはわが国の水道がいずれ辿る道であり、その点、神奈川県は全国より少し先駆けてその道を歩んでいるということができよう。その他、配水管容量、建設費施設別割合では首都圏第2位であるが費用構成内訳、職員1人当り業務量では第3位となっている。

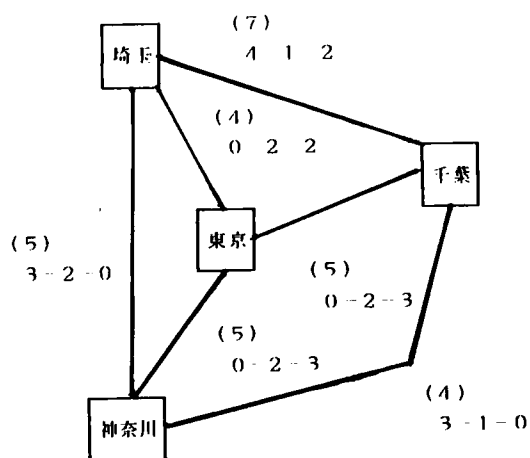
## (2) 都県間の相異点の評価

次に、以上の10の項目について都県間にどのような相異点があるか分析する。その方法として4都県について、数値の大きい順に順位をつけ、順位が連続している場合は類似点があり、離れている場合は類似点がないという整理を行った。すなわち、1～4位までで、1位と2位、2位と3位、3位と4位は類似点があり、1位と3位、2位と4位は類似点がないとした。またその値が両者共4都県の平均以下か、両者共平均以上か、平均が2者の間にあるかについても調べた。その結果、都県間で類似点のある項目数は表3.3の通りである。

東京都と神奈川県間で数値が4都県全体の平均をはさんで順位が隣接している項目に使用管種割合と資本的支出内訳がある。使用管種では両都県共鋳鉄管を多く利用しており、石綿管やビニール管の使用割合の少ないことで共通している。資本的支出内訳では、埼玉

表3.3 都県間に類似点のある項目

| 項目<br>都県間 | 4都県の平均<br>より小<br>(個数) | 4都県の平均<br>をはさむもの<br>(個数) | 4都県の平均<br>より大<br>(個数) | 計 |
|-----------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|---|
| 東京 神奈川    | —                     | 2                        | 3                     | 5 |
| 東京 千葉     | —                     | 2                        | 3                     | 5 |
| 東京 埼玉     | —                     | 2                        | 2                     | 4 |
| 神奈川 千葉    | 3                     | 1                        | —                     | 4 |
| 神奈川 埼玉    | 3                     | 2                        | —                     | 5 |
| 千葉 埼玉     | 4                     | 1                        | 2                     | 7 |



注) ( ) 内は類似点項目の合計

A・B・C : A ; 隣接の都県が4都県の平均以下の項目数  
 B ; 隣接の都県が4都県の平均を挟んだ項目数  
 C ; 隣接の都県が4都県の平均を越えた項目数

図3.44 都県間の類似点

県、千葉県の新設拡張事業費の割合が東京都より大きいと東京都と神奈川県の数値が隣接したわけであるが、数値の上では東京都と神奈川県に大きな差が見られる。

次に、4都県全体の数値より大きいところで順位が隣接しているものに浄水種別割合、配水管容量、建設費施設別割合がある。浄水種別割合では両県とも急速汙過方式の割合が高く消毒のみの方式が低い等類似している。配水管容量においても給水面積当り容量等で他の県より際立って大きくいわゆる都市型水道としての類似点が見られる。建設施設別割合ではどちらも配水施設への投資割合が高い。両都県の間には以上5項目の類似点があるわけであるが、逆にいえば、その他の5項目については異なっているということである。

また、東京都と千葉県間で4都県平均の数値を挟んで隣接している項目に浄水種別割合と費用構成内訳があり、平均以上のもので水源別割合、配水管容量、使用管割合がある。東京都と埼玉県間では平均値を挟んで稼働率等、月別給水量変動があり、平均以上のところで資本的支出内訳と職員1人当り業務量がみられる。

このようにしてみると、それぞれ都県間に5～7項目について類似点が見られる。一番少ないところで東京都と埼玉県、神奈川県と千葉県の4項目、多いところで千葉県と埼玉県の7項目ということである。千葉県と埼玉県間の類似点の項目数を除けば他の都県間では4～5項目とほぼ平均した類似項目数を持っている。

### 3) 首都圏における水道広域化に関する検討

首都圏の中でも4都県について水道に関する幾つかの指標について評価を行った。ここで言う評価指数は全国的な傾向を一つの目途においたものであり、数値が大きいことは必ずしも優れているというのではなく、全国的傾向をより多く有しているということである。そのようなことからすると、この4都県間にも相当の相違点が見られ、それぞれの都県の特性を有していることが判った。

首都圏は、地理的条件等からすると関東平野に大都市が集中して幾つかの核を形成し、しかもその核が例えば東京湾に面して連なっている。その周辺には幾つかの中小都市がみられ、首都圏全体を一つとした広域水道の実現が理想的であるという見方もできよう。これがいわゆる首都圏広域構想である。過去において厚生省等においてそのような水道計画が検討されてきた。

しかしながら、このような首都圏一本の水道事業の実現が果たして理想的な水道といえるかどうかは、種々の観点から検討してみる必要がある。本節で取り上げた水道の指標についても4都県でそれぞれの特性を示している。

たとえば、給水人口に占める簡易水道の人口の割合をみても4都県では差異があり、同じ首都圏とはいいいながら、小規模な水道を建設せざるを得ない地域もあり、全域を一律に

広域水道として整理することが水道施設面で良いことか疑問が残る。大都市における水道と小規模水道を同じ次元で捕らえるのではなく、小規模は小規模としての特性を生かした水道計画が必要である。

水源別割合をみても、表流水中心のところと地下水を比較的温存している地域がみられる。特に地下水を利用している水道事業は小規模なものが多く、広域化すると往々にして表流水に転換し大規模化する傾向があるが、地下水は年間を通じて取水が安定していること等から表流水中心の水道広域化とは別の観点から広域化を検討する必要がある。このことは、浄水方法の種別の相違についてもみられる。表流水を原水としている地域では急速ろ過法が中心であり、地下水を原水としている場合は消毒のみによる配水や特殊処理を行うことが多くなる。浄水場の管理方式でもそれぞれの処理方法により異なるので、水道の広域化を実施するにしてもこれらの処理方法の相違にも十分配慮する必要がある。

配水管等に使用している管の種類も4都県では異なっている。大都市をかかえている地域は鑄鉄管や鋼管の使用が多いが、簡易水道や比較的小規模な上水道の地域ではビニール管、石綿管の割合が高い。水道施設の質的向上を図るには、石綿管等荷重に弱い管は鋼管等に敷設替えしていく必要があり、4都県においても質的に立ち遅れた地域については質的な向上を図らなければならない。従って、水道広域化の前提として管一つ取ってみてもレベルの異なる地域についてはまず質の高いレベルに持ってゆく必要がある。このことは管延長のみならず、配水管容量についてもいえ、人口、給水量、給水面積等单位当りの数値に相違がみられる。それぞれの地域は実情に応じた配水管の敷設を実施しているが、地域によっては十分な容量を確保していない場合も考えられるので、この地域はまず配水管の量的確保が必要となる。

水道施設に対する投資状況が4都県の歴史的経緯、規模、財政基盤等により異なり、それが建設事業費の施設別割合、資本的支出に占める割合、費用構成に占める割合に表れている。その結果、給水原価ひいては水道料金の格差として表れ、この格差が水道の統合を拒んでいる大きな要素である。従って、今後共、他の地域以上に投資が必要で給水原価の高騰が想定されるところについては、投資により質的な向上を図るとともに、給水原価の上昇抑制策が必要となってくる。投資状況に差がみられる水道事業を合併統合すること自体困難な話であるが、仮に合併統合した場合、料金格差の是正は可能であるが、そのまま水道施設の質的な向上が図られる訳ではない。

一方、月別給水量の変動の相違分については、広域的に水を供給することによりピークカットないしは水の平均的供給が可能と考えられる。従って、水量配分の点では水道の広域化は大きなメリットといえる。

つぎに職員一人当りの業務量等を比較した場合、4都県によって差異が認められるが、これも広域的に水道を経営することにより、職員の合理的配分が可能となり、経営面、サ



ービス面で利点が認められると考える。

以上のように、4都県に水道に関する指標についての相違点、特性が見られその中には広域化を進める前に実施しなければ広域化がなかなか進まないこと、また、仮に広域化してみても即メリットとして表れるかどうか疑問な点が認められる。中には水の配分等で広域化の利点が直ちに表れる場合もみられる。

従って、首都圏における水道の広域化を進めるにあたっては、まず広域化するにあたっての基本的な事項、例えば水道施設の質の向上等をそれぞれの水道事業ごとに整備を行うとともに、給水原価の平準化等を進める必要がある。

これに並行して、水の相互融通等広範囲な地域における水の公平配分については暫定的な姿を含めて順次進めていくことは重要である。そこで、首都圏の水道広域化を進めるにあたっては、当面は水の公平配分を中心に進めることが妥当であると考えられる。

全国的にみても水道の広域化を進める原動力となったのは地域における水道水源確保の不均衡であった。すなわち、自らの行政区域内に水道水源を確保することが困難となり、近隣地域全体を対象とした水源確保策が進められ、これが主として水道用水供給事業等の創設をみるに至っている。

首都圏においてもこのような傾向は同様であり、4都県の全てにおいて前述のような広域水道が設けられている。東京都については、利根川からの取水により多摩川と酒匂川の相互融通が行われている。また、埼玉県、千葉県では荒川や利根川からの取水により県内の水供給が広域的に行われている。

水道用水の点から河川の利用状況をみると図3.45のようになっている。利根川については埼玉県、千葉県、東京都が共同で利用しているので利根川に関する限りはこの3都県の水資源の融通は利根川自身でできるともいえる。しかしながら、図3.47に示すように利根川の利水も水道のみならず農業用水がその大半を占め、かつ、工業用水にも利用されている。従って、利根川の上下流において水利権が複雑に入り込んでおり、単独の水道事業体であれば取水不可能なものも水道を広域的に運営することにより、河川の上下流域で弾力的に取水することも可能となる。すなわち、同一河川から取水する場合も、取水地点が異なる場合、他の利水の水利権や河川流況との点から広域的な運営の方が弾力性を有するといえる。

また、図3.45のようにその他荒川、多摩川、相模川等においては単独ないしは2程度の水道事業体の水源となっており、単一の河川に依存している限りその水道事業体にとって水源に関して硬直性を有することになり、これを広域的に運用すれば余裕のある水源、不足する水源をより有効に利用することが可能となる。

このことは、河川の流況や利用率についてもいえる。図3.46に河川流量の状況を示すが各河川により流量が異なり、これが渇水時の弾力性等に影響を与える。また、河川の

利用率も図3.47に示すように河川毎に異なり、今後の水源開発の点でも広域的に利用する方が有効に利用できるといえる。

水源開発の点では図3.48に示すように利根川、荒川水系においては昭和46年に完成した利根川河口堰を含めて現在ないしは計画中の水源開発施設は毎秒108.6トンとなっている。また、相模川においては宮ヶ瀬ダムの建設により毎秒15トンの水道水が開発される予定であり、千葉県の小櫃川の開発推量は少ない。従って、これら開発される水を首都圏全域に有効に運用することにより、水道水の供給の安定性が図れる。また、水道水源である河川の水質面においても図3.49～図3.51に示すようにBOD、pH、NH<sub>4</sub>-N等において水質面の差がみられ、同じ河川でも汚染の進行したものと清浄なものがあり、両者を融和することにより、水質面で劣る地域の水道水の質的向上を図ることができる。ちなみに水道別水質汚濁事故数は図3.52(a)のようになっており、利根川、荒川水系における汚濁事故が多いので、他の河川との融通により水質面での応援が可能となる。

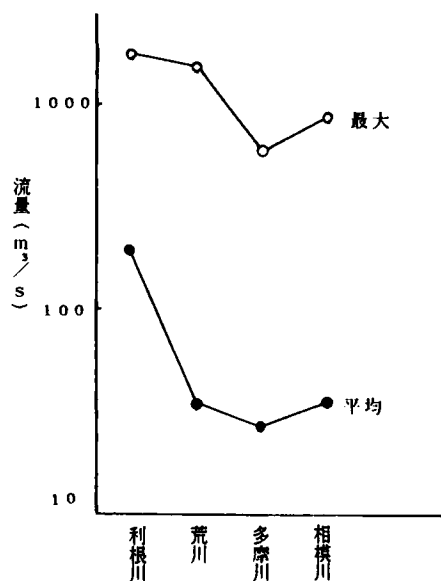
また、給水制限の実績をみると図4.52(b)に示すように都県によって制限給水延日数は異なっている。これは利用河川の流況によるので、相互融通により緩和することが可能である。

以上のようなことから、首都圏の4都県を事例として水道施設における社会的公平性について考えてみると、社会的公平性とは単に幾つかの水道事業を統合合併して平均的なレベルに持っていくという単純なものではなく、ある地域の傘下の水道事業体が個々に水道施設の質的な向上を図りつつ、これに並行して、例えば水量配分等の面で広範囲な地域における調整を実施していくという両面の施策が必要と考える。

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 利根川 | 埼玉10% 千葉35% 東京40% その他15% |
| 荒川  | 埼玉26% 東京74%              |
| 多摩川 | 東京100%                   |
| 相模川 | 神奈川98% その他2%             |
| 酒匂川 | 神奈川100%                  |
| 小櫃川 | 千葉100%                   |

図3.45 水道用水利水都県構成

注) 厚生省 昭和56年度首都圏水需給総合計画調査報告書資料より作成



注) 厚生省 昭和56年度首都圏水需給総合計画調査  
報告書資料より作成  
原典は日本河川水質年鑑(日本河川協会編), 1979

図3. 46 河川流量の状況

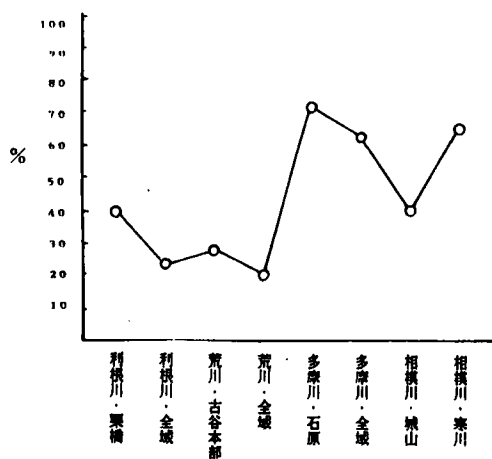
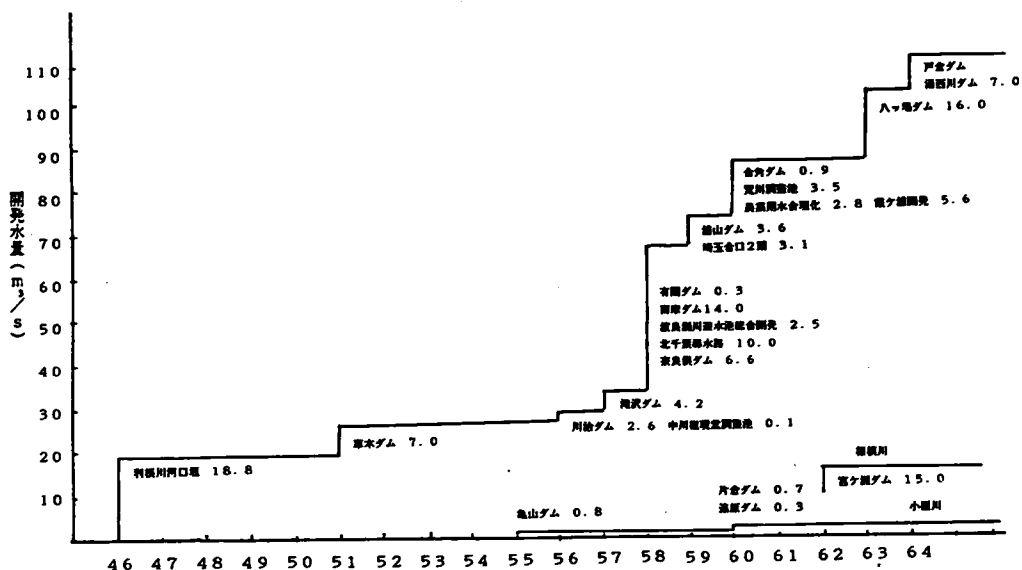


図3. 47 河川の利用率



注) 厚生省 昭和56年度首都圏水需給総合計画調査報告書資料より作成  
 原典は昭和56年版水資源のすべて 建設行政資料調査会  
 ダムの工期はダム総覧より把握

図3.48 利根川などの既存計画による水源開発

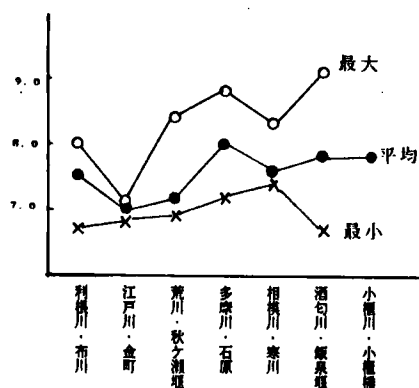
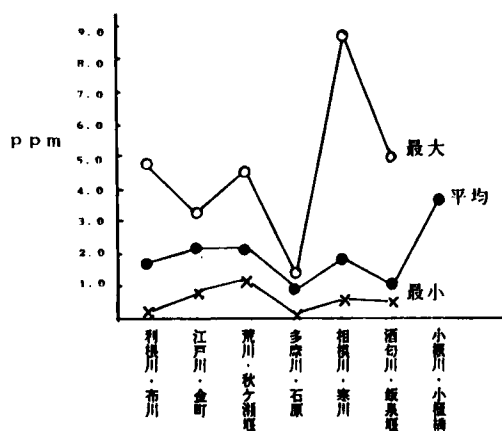
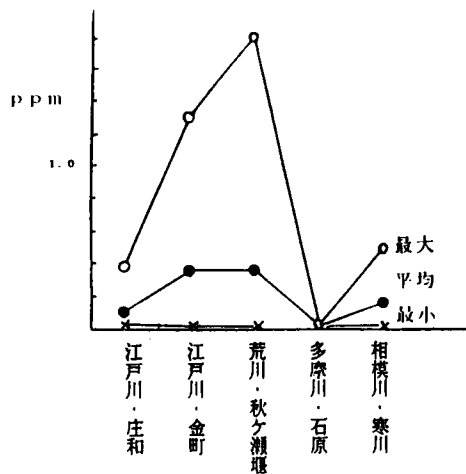
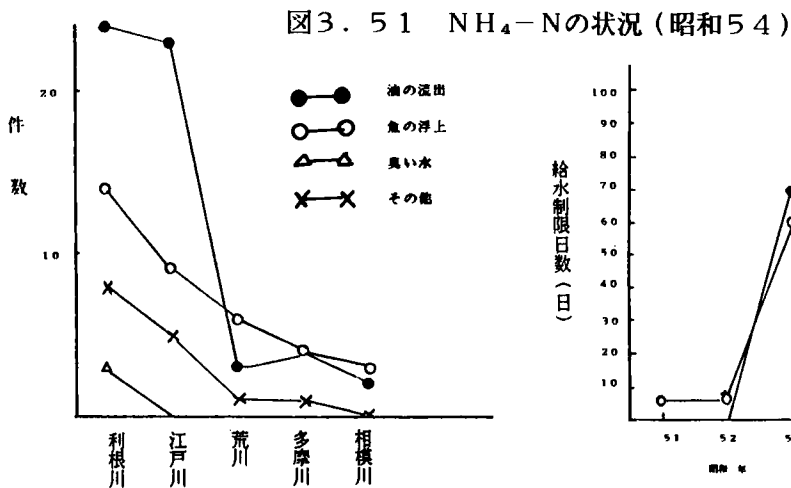


図3.49 BODの状況(昭和54) 図3.50 pHの状況(昭和54)

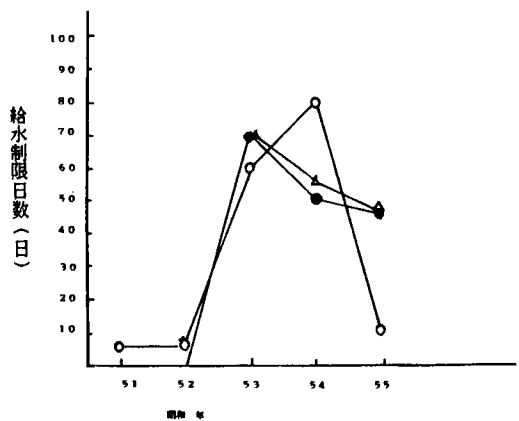


注) 厚生省 昭和56年度首都圏水需給総合計画調査  
報告書資料より作成  
原典は日本河川水質年鑑(日本河川協会編), 1979



注1) 利根川の実績は昭和45年度より55年度までの累積  
荒川は入間川を含めている(上水取水地点が入間川合流点  
より下流のため)  
資料) 厚生省 昭和56年度首都圏水需給総合計画調査報告書資料  
より作成  
原典は日本河川水質年鑑 建設省河川局 1980

図3.52(a) 水系別水質汚濁事故件数



注) 給水制限延べ日数は都県事業体で一番長期にわたった  
ものをあげている。  
資料) 厚生省 昭和56年度首都圏水需給総合計画調査  
報告書資料より作成  
原典は昭和56年度水道事業の水需給に関する調査  
(アンケート)

図3.52(b) 給水制限の実績

### 3-3 水道事業の費用分析<sup>11) 12) 13) 14) 15) 16)</sup>

本節では、水道の安定的供給を考察する前提として、建設中、または計画中の全国の水道施設を対象にして、その規模別と水源の種類別に施設等の建設費にどのような特性があるか分析した。本節では、相対的な比較を目的に、厚生省の実態調査をもとに、昭和41年現在において建設事業を実施中かまたは計画中の全国の水道事業体777ヶ所について分析を行った。水道施設建設の事業量として、建設ないしは計画中の施設の完成により増加する計画1日最大給水量を事業量として用いた。また、総事業費は建設ないしは計画中の水道施設を完成させるために必要な建設事業費であり、建設単価は総事業費をこの工事の完成により増加する計画1日最大給水量で除して算定した。

#### 1) 施設の建設費

水道施設全般について地域別の建設単価をみると図3.53のようになる。なお、ここでは全国平均の建設単価を1.0として算定している。これによると、北海道は全国平均並みであるが、東北、北陸、山陰、四国、南九州が低い。また、関東臨海、近畿臨海、北九州が全国平均を上回っている。このように、地域によって建設単価に差異が生ずる要因としては、前述のごとく地形、人口の集密度、水道施設規模、水道施設の歴史的相違、水源等が影響しているものと思われる。関東臨海、北九州において全国平均より大幅に建設単価が上回っているのは、この時期における需要水量の急激な増加に対処するためダム等水源費に多大な経費を投入したことが大きな要素となっている。

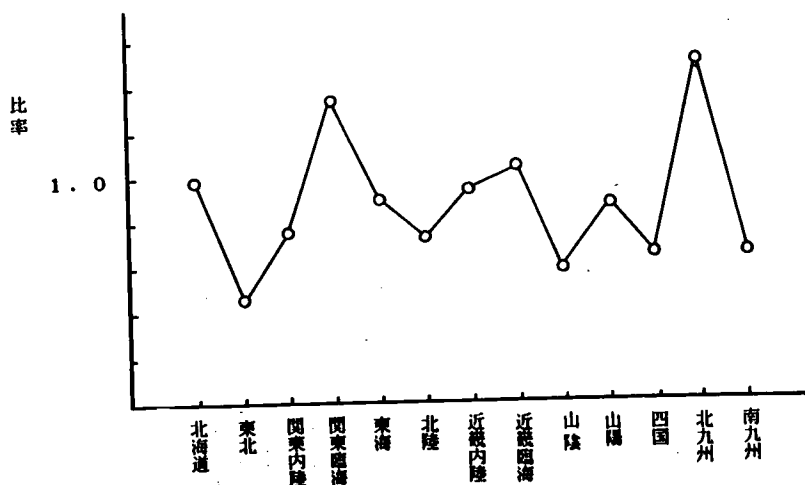


図3.53 地域別建設単価

## 2) 水源別建設単価

水源別に水道の各施設ごとの建設単価を表したものが図3.54である。まず、水道施設全般について眺めると、ダム依存水が圧倒的に高くこれに表流水自然取水、湖水がほぼ平均並みで続いている。以下、伏流水、深井戸、浅井戸、浄水の順で低くなっている。浄水とは、水道用水供給事業から受水している水道事業の施設なので自ずと建設単価は低くなっている。

取水施設についてみると、ダム依存水が高く、これに伏流水、深井戸が続いている。ダム依存水が高いのは取水施設にダム建設費を計算上入れているからである。伏流水、深井戸が高いのは取水のための施設に経費がかかるからであろう。表流水、湖水については案外低いことがわかる。

導水施設ではダム依存水と湖水が高い。これは、遠方にダムを建設し、延々と導水管で

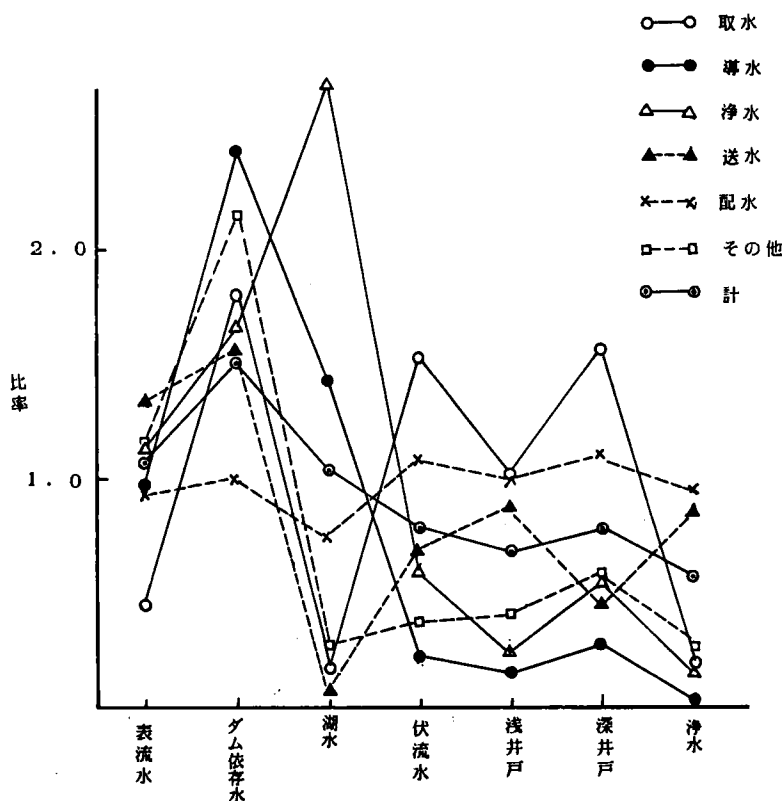


図3.54 水源別の建設単価  
(各施設別の全国平均=1.0)

もって水を運んでくる事例による影響が考えられる。伏流水、浅井戸、深井戸では導水施設における建設単価が低い。浄水施設では、湖水を水源とする場合が高く、伏流水、浅井戸、深井戸では低い。湖水では藻類の除去、富栄養化対策に経費を投入していることが、その原因として考えられる。浅井戸より深井戸の方が少々高いのは除鉄、除マンガン装置の設置費等であろう。

送水施設では、表流水、ダム依存水の場合が高く、湖水、伏流水、浅井戸、深井戸は低い。送水施設については水源との相関というよりもむしろ施設の規模、地形等の影響が大きく、それがここに出ているものと思われる。配水施設については、水源にかかわらず、建設単価はほぼ一定していることが判る。

次に、水源別、規模別に建設単価をみると図3.55のようになる。まず水源全般にわたった建設単価計をみると水道の規模10万人に至るまでは規模が大きくなるにつれて建設単価は低くなっているが、10万人以上の規模になると高くなっていることが判る。ダム依存水が全般的に建設単価が高い。0.5～10万人規模でのダム依存水の場合はほぼ同程度の建設単価を示し、10万人以上の規模になると高くなっている。

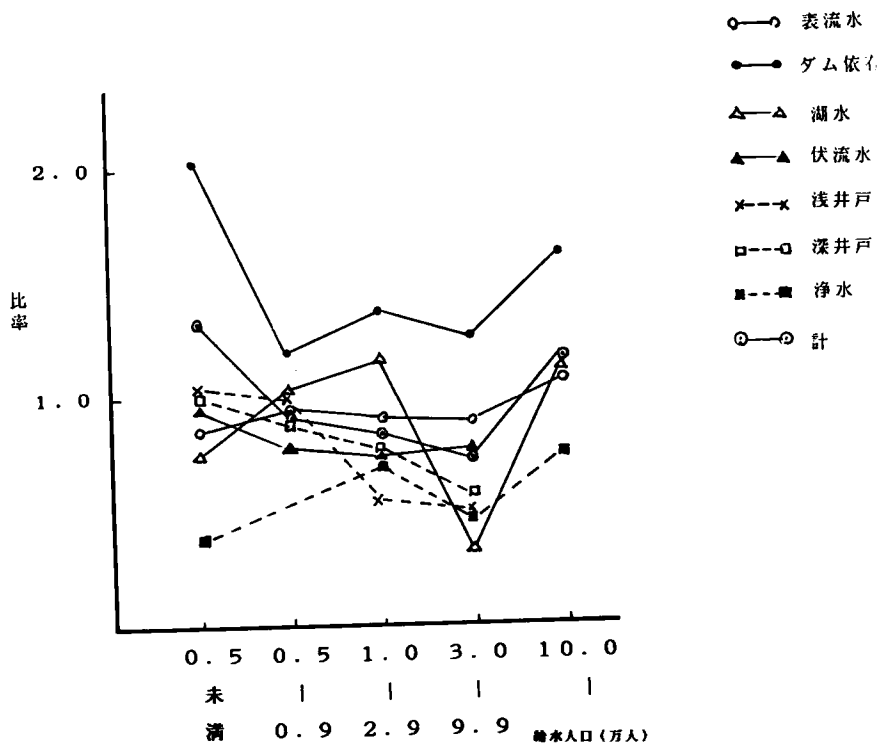


図3.55 水源別建設単価



表流水の場合は10万人の規模までは規模ごとの変化はあまりない。ここでも10万人以上の規模になると高くなっている。

湖水については0.5～3万人、10万人以上がほぼ同じ単価で3～10万人の規模で極端に低くなっている。伏流水の場合は、規模による変化は少ない。浅井戸、深井戸では規模が大きくなるにつれて単価が低くなっている。

これらのことから、ダム依存水、表流水では10万人の規模まであまり単価に変化がなく、10万人以上では高くなっていること、伏流水、浅井戸、深井戸等地下水では規模が大きくなるにつれて単価が低くなっていることが判る。

### 3) 施設別、規模別建設単価

施設別、規模別建設単価は図3.56のとおりである。取水施設では3万人まではほぼ横ばいで高く、それより規模が大きくなるにつれて低くなっている。導水施設となると、10万人の規模までは横ばいで低いが、10万人以上の規模となると大幅に高くなっている。これは、大規模水道で遠隔地から導水してくることが影響してくるものと思われる。

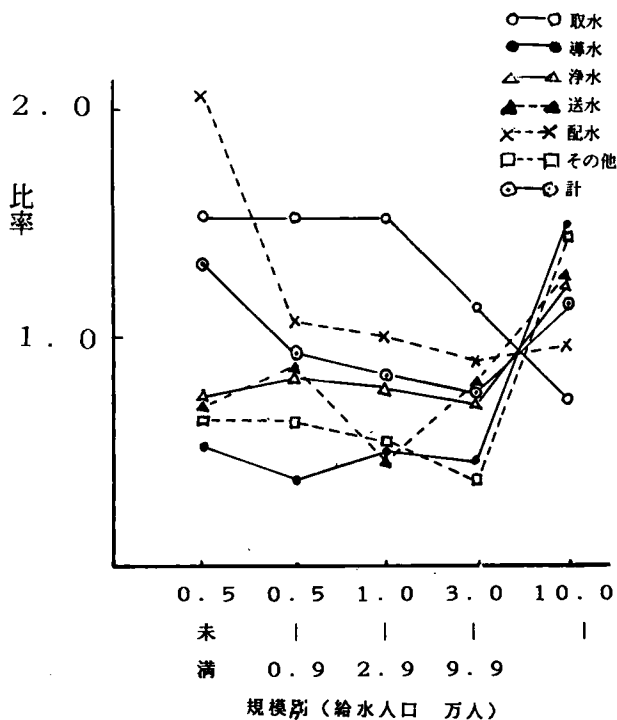


図3.56 施設別規模別建設単価

浄水施設も10万人の規模までは平均的に低い、10万人以上で高くなっている。これは、規模の小さい水道では水源が地下水だったりして、あまり浄水処理に金がかからない反面、大規模水道では表流水を水源としているところが多くその浄水処理のため高くなっていると思われる。

送水施設でも規模が大きくなるにつれて建設単価が高くなる傾向を示している。逆に配水施設では0.5万人未満の水道では高いが、それ以上の規模となると若干低くなる傾向にある。これを全国的にみると10万人の規模までは規模が大きくなるにつれて建設単価は低くなる傾向にあるが10万人以上の規模になると高くなっている。

#### 4) 規模別設備単価

水道施設の設備ごとに規模別の設備単価の状況を図3.57に示す。ここであえて設備

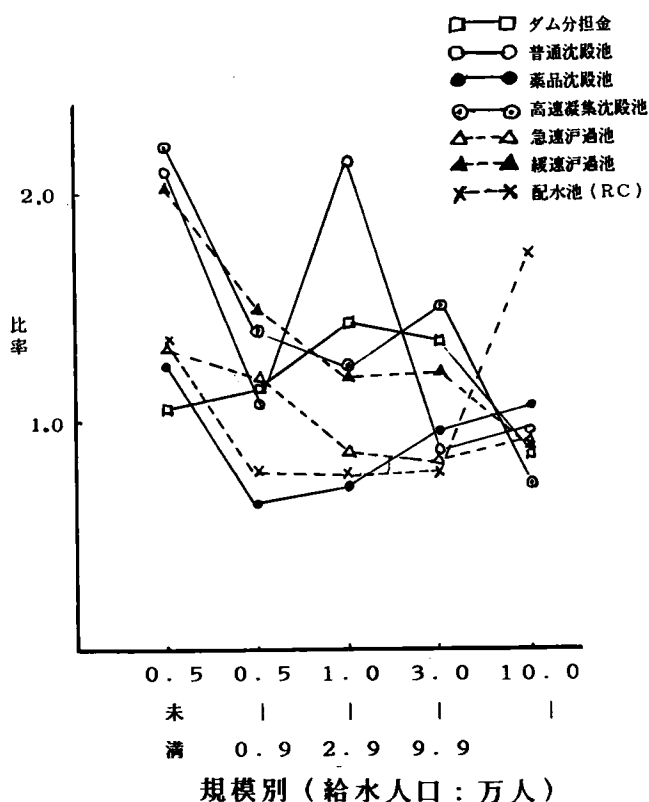


図3.57 規模別設備単価

単価としたのはつぎの単位によったからである。すなわち、

ダム分担金 : 1日最大取水量 $\text{m}^3$ /日当り

普通沈殿池 : 有効容量 $\text{m}^3$ 当り

薬品沈殿池 : 有効容量 $\text{m}^3$ 当り

高速凝集沈殿池 : 有効容量 $\text{m}^3$ 当り

緩速汚過池 : 1日最大浄水量 $\text{m}^3$ /日当り

急速汚過池 : 1日最大浄水量 $\text{m}^3$ /日当り

配水池 : 有効容量 $\text{m}^3$ 当り

とし、それぞれの設備ごとの全国平均値を1.0として規模別の状況を表した。図3.57によるとダム分担金では3万人の規模までは規模が大きくなるまでは高くなり、それより大きくなると低くなる傾向にある。すなわち、3万人程度の中規模で設備単価が一番高いことが判る。

普通沈殿池では傾向としては規模の大きい方が低い。薬品沈殿池は1万人以上では規模が大きくなるにつれて高くなっている。その一方、高速沈殿池は規模が大きくなるにつれて低くなっている。緩速汚過池も、緩やかながら規模が大きくなるにつれて低くなっている。急速汚過池も規模が大きくなるにつれて低くなっている。

配水池の場合は、10万人の規模まで横ばいであるが、10万人以上では高くなっている。以上を通じていえることは、10万人以上の規模になると高くなるものとして薬品沈殿池と配水池があるがその他の設備については一般的に規模が大きくなるにつれて低くなる傾向にある。また、この事例について取水量と多目的ダム分担金との関係を図3.58に示した。これによると、取水量とダム分担金の間にはほぼ直線的な相関がみられることが判る。

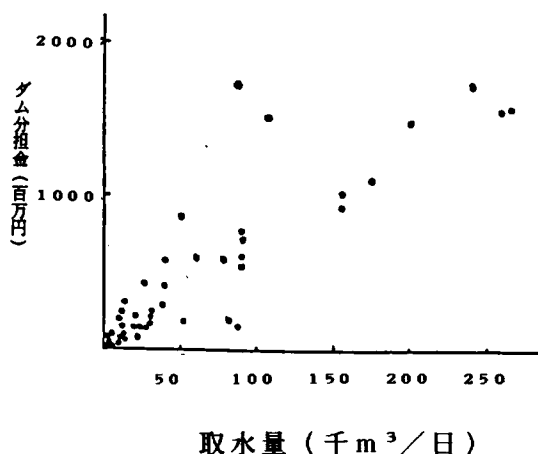


図3.58 取水量と多目的ダム分担金

図3. 59は急速汚過池の建設工事費と浄水量との関係を示したものである。この図からも判るように急速汚過池の建設工事費と浄水量の間には相当なバラツキがあることが判る。すなわち、同じ浄水量の急速汚過池でも建設費に大幅な差がみられる。

配水池の有効容量と配水施設費との関係を図3. 60に示す。これからしても配水池も急速汚過池と同様同じ有効容量の池でも建設費に大幅な差がみられる。

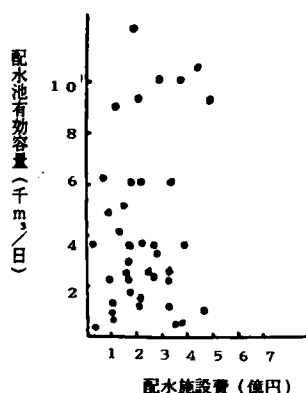
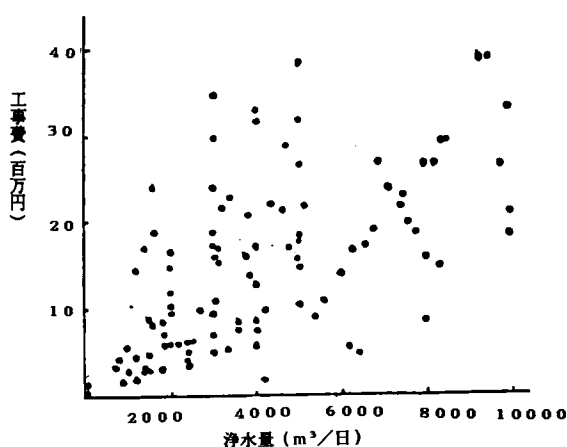


図3. 59 急速汚過池の建設工事費

図3. 60 配水施設費と配水池有効容量

## 5) 設備の装備率

水道施設を建設することにより給水量が増加ないし生み出されるのが一般的である。そこである一定の給水量を生み出すのにどの程度の設備の建設を行うかその割合を設備の装備率と称することにする。まず水源別に浄水量と汚過量との関連を示したのが図3. 61である。これは給水量を100とした場合の浄水量と汚過量との関係を表している。表流水、ダム依存井、湖水では、その原水全量を汚過ないしは浄水処理する必要がある、そのため給水量より上回った数値となっている。一方、伏流水、浅井戸、深井戸では水質良好のため汚過を行わず消毒のみで給水する事例が多くそのため装備率が1.0より低くなっている。

次に水源別に設備の装備率を図3. 62に示す。これによると水源とはあまり関係なく装備率が平均値でほぼ一定しているのが配水池の場合であり、その他の設備では一般に伏流水、浅井戸、深井戸等地下水を水源とする場合、装備率が低いことが判る。

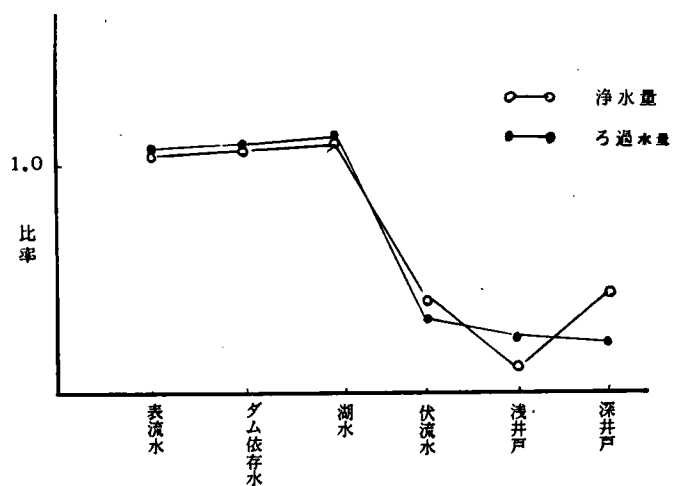


図3. 6 1 計画における水量

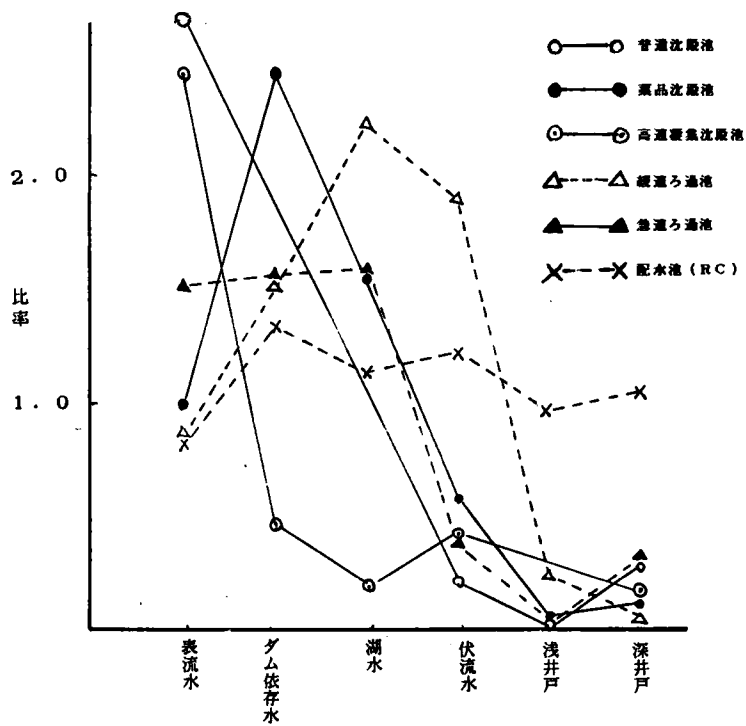


図3. 6 2 設備の装備率

### 3-4 まとめ

本章では、水道の社会的公平化と広域化規模に関する分析として、既設水道の広域的特性分析、首都圏水道施設の均質性評価、水道事業の費用分析を取り上げた。

まず、既設水道の広域的特性分析では、1965年と1979年の2時点における全国13ブロックに分類した地域の水道水の需要と供給の関係を分析した。総人口の地域動向では、この15年間に太平洋ベルト地帯に集積の傾向がみられたが、水道の普及率は、全国的に普及が促進された結果、平均化の方向にあることが判った。水道の年間給水量についても、従来少なかった地域での増加が目立ち、一定の地域に片寄ることなく、平均化されつつあることが判った。

年間取水量は、トータルからみると、地域間の格差は小さくなる傾向にあるが、水源別の取水量をみると、その地域の地理的条件を反映して地域毎の特性がみられた。例えば、表流水はどの地域も増加の傾向にあるが、中でも関東臨海、近畿臨海、東海の大都市圏域をかかえている地域で全国の63%を占めていることが判った。ただ、伏流水、地下水となると、地域の地理的特性が顕著に表れ、平均化の方向が安定化の方向では必ずしもないといえる。

首都圏水道施設の均質性評価では、わが国の代表的な都市圏域の中でも東京、神奈川、千葉、埼玉の4都県について、広域水道の現状、水道施設の特性等を論じ、水道広域化を行うにあたっての都県間の類似性、問題点を指摘した。

水道施設の均質性評価では、4都県毎に上水道給水人口の割合、水源別割合、浄水種別割合、稼働率、管種割合等いくつかの要素について比較検討した。また全国平均値を1.0として、評価方法により評価指数を算定して4都県の特徴、類似性について分析した。また、これらの要素のうち主要10項目を選定し、4都県の総合的評価を行った。その結果、同じ首都圏の都県でありながら、互いに異なった特徴を有したところ、類似点のみられるところが判明した。これらのことから、4都県については、その特徴を生かした広域化の実現が必要であり、一様の型での広域化は必ずしも馴染まないのではないかという結論に達した。

これらの特徴を考慮した上での首都圏における水道広域化計画の検討を行った。その内容としては、水道水源の相互融通を上げている。

水道事業の費用分析では、全国で建設中ないしは建設計画中の水道施設を対象として、規模別、水源の種類別に施設等の建設費にどのような特性があるか分析した。

水道施設全般についての地域別の建設単価では、関東臨海、近畿臨海等が全国平均を上回る等地域によって差異があることが判った。水源別の水道の各施設毎の建設単価についても、水道施設全般でみると、ダム依存水が圧倒的に高く、深井戸、浅井戸等は低い等の

差が認められた。このことは、取水、導水、送水等各施設毎にみても顕著な差が現れた。また、水源別、規模別を組み合わせてみた場合も、人口規模10万人を境にして建設単価が高くなる傾向がみられ、ダム依存水が全般的に建設単価が高いことが判った。水源別にみると、規模別による変化がみられる場合とそうでない場合が認められた。

つぎに、施設別、規模別建設単価について分析した結果、施設によっては人口規模による差異、特に10万人を境にして変化するものがあることが判った。また、規模別設備単価についても分析しており、水道の各施設の設備単価は規模により特性がみられることが多かった。

設備の装備率についての分析では、表流水の場合と地下水とでは、水質についての配慮から値に相違があること、水源とはあまり関係なく装備率がほぼ一定しているものに配水池があることが判った。

## 第II編 社会的公平化を目標とした 連絡管効果のマクロ分析



## 第4章 広域化の限界に関する分析

### 一近畿圏の事例一

近畿圏は首都圏と同様に人口の集中化が進み、また諸産業の進展に伴い、水需要の増大の著しい地域である。大阪、京都、神戸などの大都市においては、水道水の供給水源として琵琶湖が重要な役割を果たしている。京都市は疎水を通じて琵琶湖の水を直接取水しているし、大阪市は淀川を通じて琵琶湖の水を利用している。また、神戸市も淀川の流域外ではあるが、阪神水道企業団の卸売りを受けて淀川の水を利用している<sup>1) 2) 3) 4) 5) 6)</sup>。

琵琶湖の他の水源としては、淀川に合流している桂川、木津川があり、奈良、和歌山では紀の川、吉野川等がある。また、兵庫県は広範な地域を県内を流れている猪名川、市川等により賄われている。また、最近では紀の川の高度利用に伴う大阪府の水源としての利用の計画も検討されている。

近畿圏における広域水道は昭和9年の阪神水道企業団、23年の大阪府営水道と2つの水道用水供給事業が比較的古い創設であり、その後特に昭和30年代以降の急激な水需要に対処するため、京都府、兵庫県、奈良県でいずれも府県営の形態で水道用水供給事業が発足している。しかしながら、これらの広域水道は首都圏におけると同様いずれも単一府県内で経営されているものであり、府県にまたがった広域水道は存在しない。水源の点からいえば、阪神水道企業団が淀川の水を流域外の兵庫県の市に供給している点が広域的な水の配分ということができる。

厚生省は昭和55～57年度の3か年にわたり近畿圏内利水調整施設調査<sup>7)</sup>を実施し、筆者はその検討に参画した。この調査では近畿圏における水道の現状、広域化の状況を把握するとともに府県の枠を越えた水道広域化の可能性について検討した。

本節においては、昭和57年度の厚生省近畿圏内利水調整施設調査の内容を中心に主として地理的な条件のもとに水道広域化の可能性、限界について検討する。なお、ここでは近畿圏のうち、検討範囲としては、大阪府、京都府、兵庫県、和歌山県の一部を取り上げる。

#### 4-1 市町村の水道の結合可能性評価

##### 1) 水道の現況

まず、近畿圏2府4県の水道の現況についてながめてみる。2府4県の平均水道普及率は97.8%で、各府県毎にみると和歌山県の90%から大阪府の99.7%まで分布しており、全国の普及率と比べてみると、どの県も高い普及率を示しているといえる。給水

人口は2府4県で19百万人に達している。事業体数は、水道用水供給事業11、上水道事業243、簡易水道事業1,223となっている。また、全給水人口に占める上水道給水人口の占める割合は2府4県平均で95.5%、和歌山県の89.6%から大阪府の99.4%に分布している。給水人口比からいえば、上水道給水人口の割合が圧倒的に大きいといえる。

## 2) 市町村の水道の結合可能性評価

水道の広域化は幾つかの市町村にまたがる水道事業の実現ということから、近畿圏2府4県の行政区域の枠にとらわれることなく、隣接市町村が順次水道を統合再編成していくと仮定した場合、水道に関する各種の要素にどのような変化が生ずるか検討する。

すなわち、近畿圏の326市町村について、順次隣接市町村の水道事業を結合拡大していった場合、つぎの5つの要素についての状況を見た。

要素としてはつぎのものを取り上げた。

イ・水道料金(円/月/世帯)

ロ・普及率(%)

ハ・配水池容量( $M^3$ /人)

ニ・月給水量比(月最大給水量/月最小給水量)

ホ・稼働率(一日最大給水量/浄水能力)

なお、市町村を順次統合していった場合、近畿圏全体は9回目で一本化されることになる。各要素毎にブロック化の度合いに応じてその状況がどのように変化するか検討した結果が図4.3～図4.7である。

水道料金の変化をみると、最大値では段階2までのブロック化では大幅な変動はみられないが、段階4になると極端に数値が小さくなる。その後はブロック化の段階が進むにつれて徐々に平均化の方向に向かっている。一方、最少値についてみると第一段階のブロック化で値が大きくなるが第3まで変化がない。また、ブロック化が進むにつれて段階的に平均化に近付いていることが判る。

これをヒストグラムでみると、現状とブロック化3回目と比べてみると、現状では広がりが大きかったものが、平均の方向に分布が固まってきていることが判る。

この算定は、現在の各市町村毎の水道料金を基にブロック統合に伴い単純に算定したものであり、統合に伴う工事費等を勘案して算定したものではない。それだけにいわば単純な算定ということができる。(図4.3)

次に、普及率の変化についてブロック化による変化をみると、最大値についてはブロック化が進むにつれて最終的には若干の低下がみられるが大幅な変動はみられない。ただし



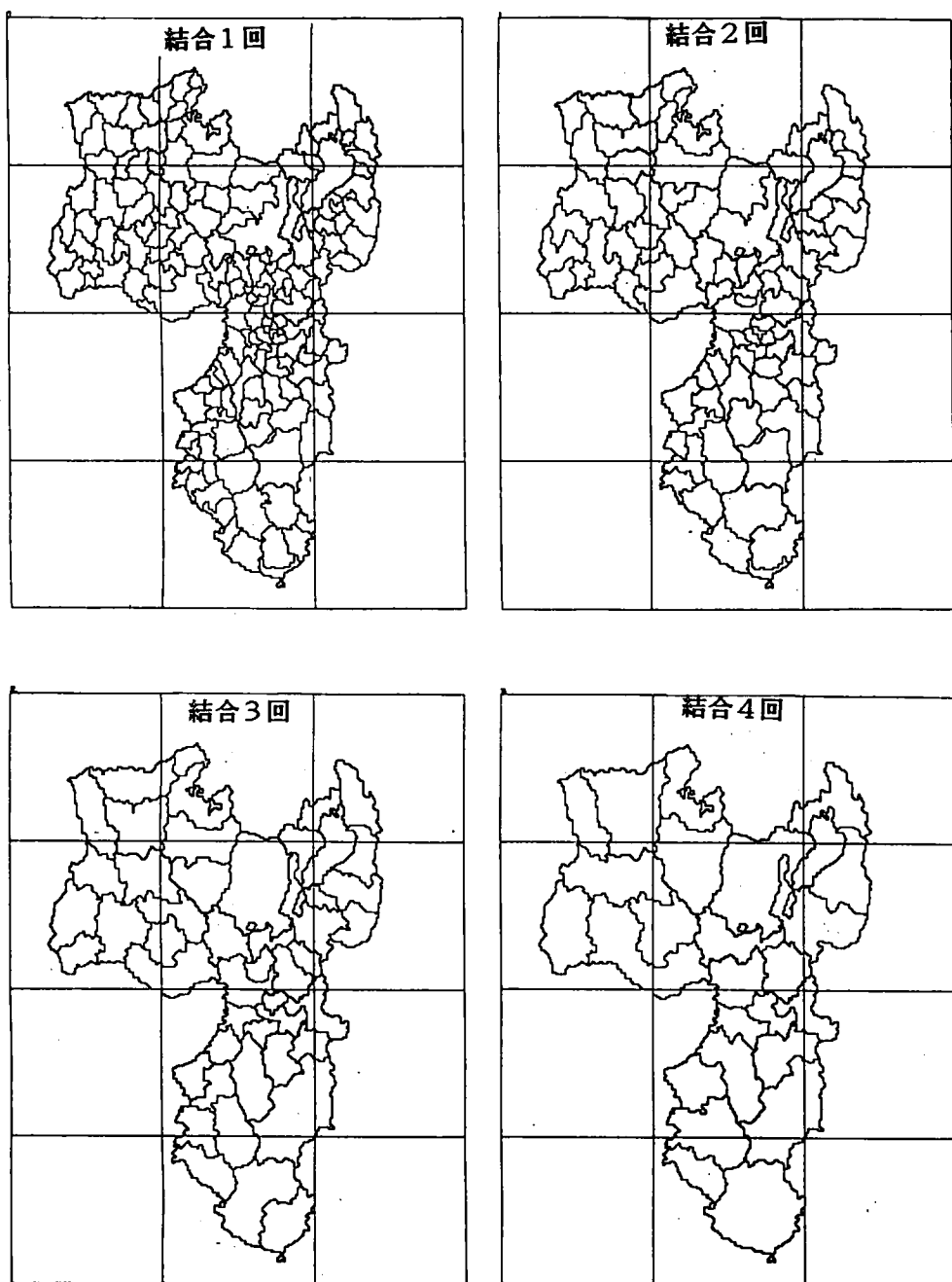
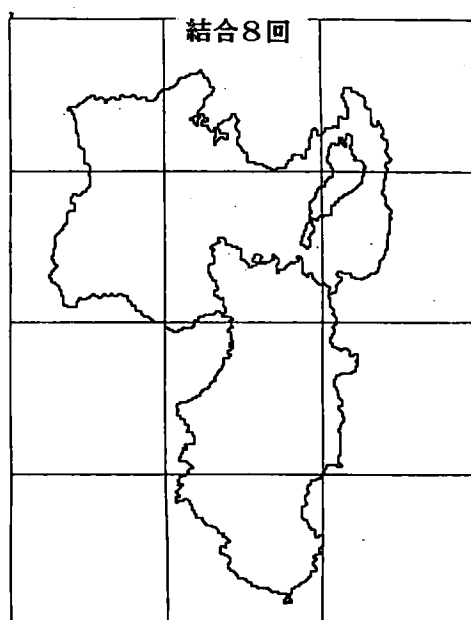
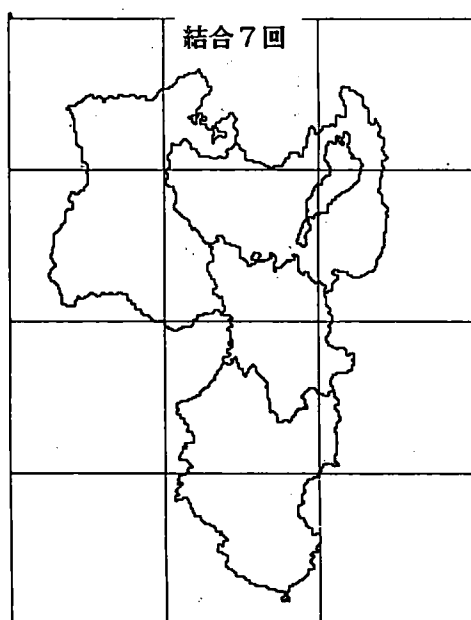
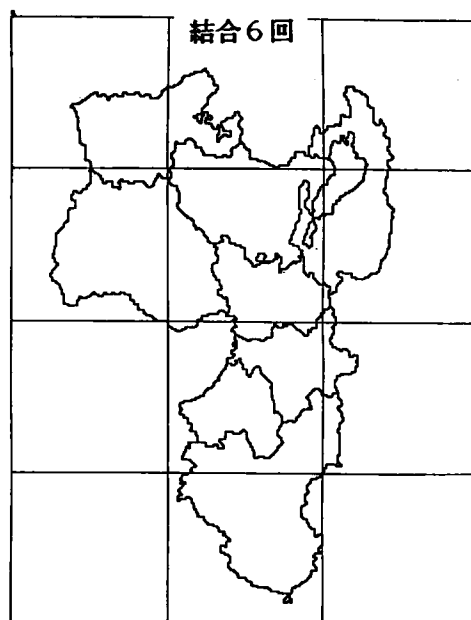
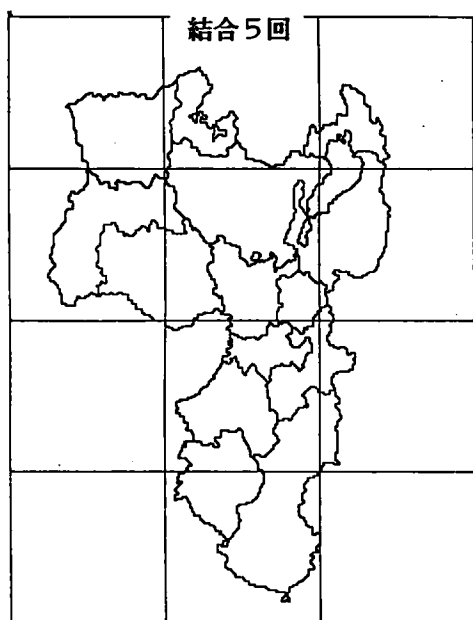
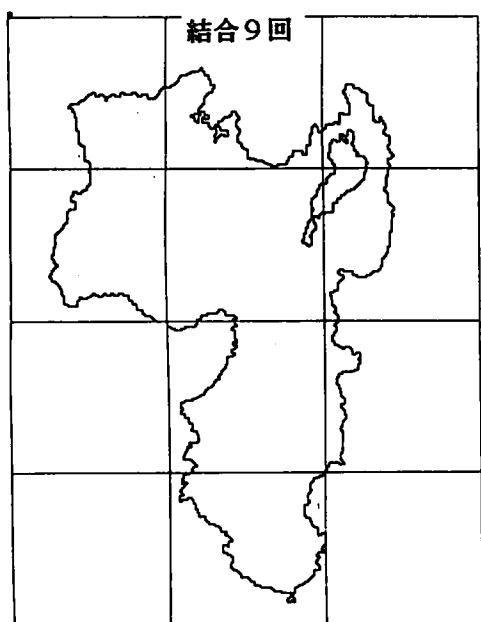


図4. 2 市町村の結合（無作為）による地域的な広がり





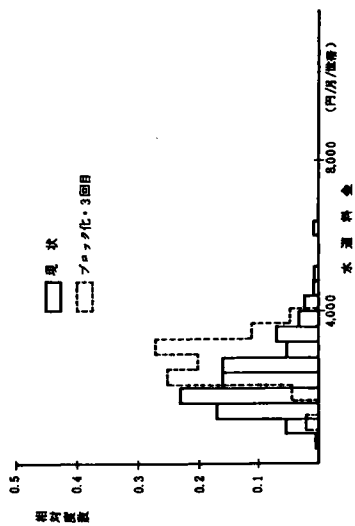
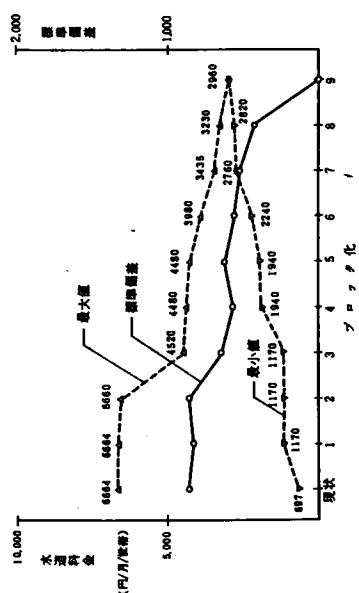
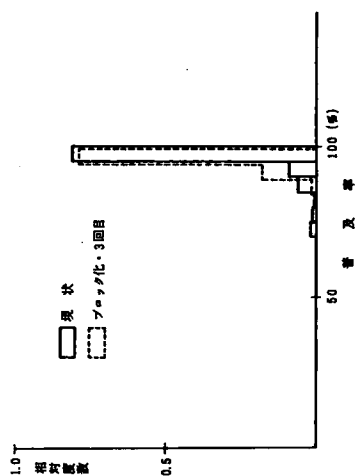
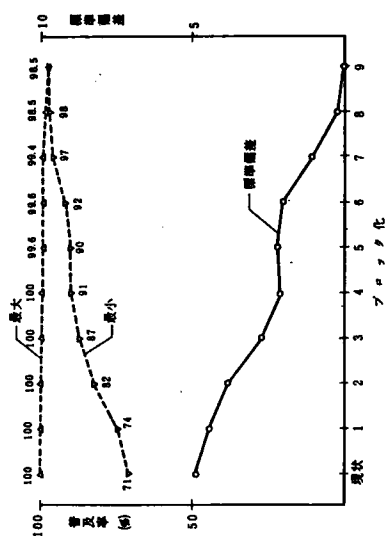


図4. 4 ブロック化による普及率の変化

図4. 3 ブロック化による水道料金の変化

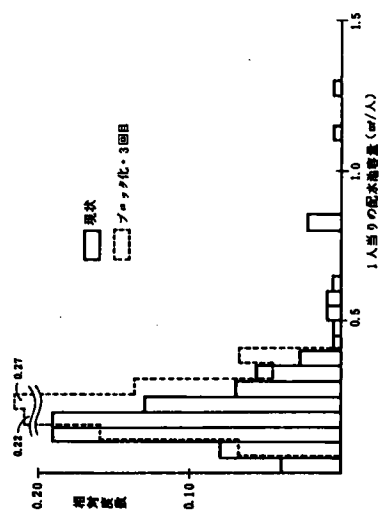
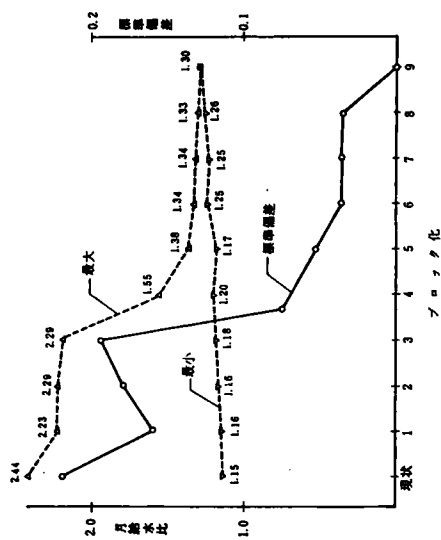
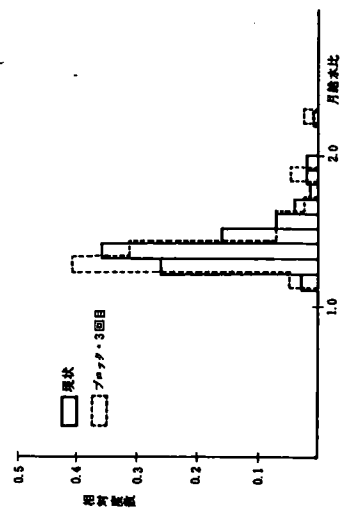


図4.5 1人当りの配水池容量  
のブロック化による変化



1

図4.6 月最大給水量／月最小給水量  
のブロック化による変化



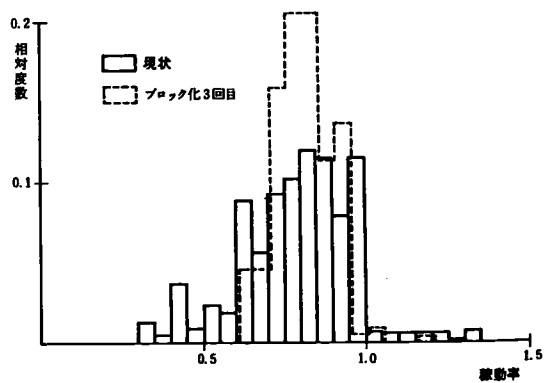
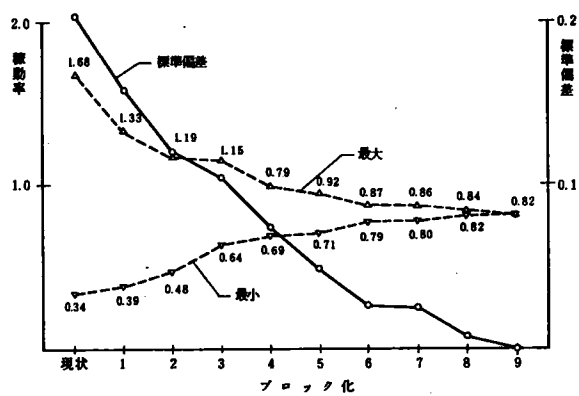


図4. 7 稼働率 (1日最大給水量/浄水能力)  
のブロック化による変化

最小値については、ブロック化の段階が進むにつれて値が大きくなっている。このような変化はヒストグラムでも、現状での分布が大幅な変動ではなく、その大部分が100%に近い値となっているので、ブロック化を進めることによって低普及率の市町村は数からすればわずかなことから目に見えて数値が大きくなっていくということができる。(図4.4)

1人当りの配水池容量のブロック化による変化では、ブロック化が進むにつれて最大値が大幅に低下し、最小値は徐々に数値が大きくなるとはいってもそのそれほど大きな変化はない。この傾向は、数値の大きい市町村数が数の上ではあまり多くなく、むしろ小さい数値となっている市町村が多いことからこのようなことになる。ヒストグラムからみると、1人当りの配水池容量が $0.5\text{ m}^3/\text{人}$ 以下に大部分固まっていることが判る。(図4.5)

月最大給水量/月最小給水量のブロック化による変化をみると、最小値では第3段階までは大幅な変化はないが、第4段階になると極端に小さくなり、その後は横這いである。最小値はブロック化の段階より徐々に大きくなっているが、大幅ではない。すなわち、数値の大きいところが一部みられるが、その他の市町村では比較的良く似た数値を有していることがこのような結果を生じていると考える。(図4.6)

稼働率のブロック化による変化では、ブロック化を進めるにつれて最大値も最小値も平均化の方向に徐々に近付いている。ヒストグラムの分布が値の小さい方にも大きい方にも分布していることからこのような結果をもたらすものである。(図4.7)

以上、5要素についてブロック化の進展に伴って数値がどのように変化するかながめてみたところ、全般的にみて、9回の統合のうち3～4回目位までで平均化の方向からいえばその効果が大きく、その後は徐々に全圏均一の場合に近付くとはいっても、その数値の幅はそれほど大きくないということができる。

### 3) 市町村毎の水道結合の効果分析

次に、近畿圏の現在の水道事業が、市町村の区域の枠を越えて順次結合し最終的には一本化されたとした場合、各市町村の水道事業の特性がどのように変化するか分析する。分析する要素としては水道料金(円/月/世帯)稼働率(1日最大給水量/施設能力)、配水池容量(有効容量/給水人口)配水管容量(配水管容量/給水人口)を取り上げる。

各市町村の水道事業の特性を把握するために変動幅を用いる。ここでいう変動幅とは最近隣の市町村と結合した場合の、結合前と結合後の特性の値の差をいっている。

結合することによっての変動幅の大きい市町村は結合によるメリット、デメリットが少ないが、変動幅の大きい市町村はメリット、デメリットが大きくなる。従って、変動幅

の少ない市町村同志の結合は結合による影響は大きくないので、その意味で結合がやりやすいといえる。一方、変動幅の大きい市町村が結合する場合には、メリットは大きくなるように、デメリットはなるべく小さくなるような配慮が必要である。変動幅が少ない市町村同志の結合の場合は、結合による効果を平等に享受することができるか、変動幅の大きい市町村の場合はデメリットが大きすぎると地域エゴ等でなかなか結合されないという結果を招きかねない。

ここで取り上げた4要素についての変動幅による分布図を図4.14～図4.17に示す。この4要素の変動幅をもとに4特性に共通して比較的変動幅の小さい、従って相互に利益を受けると考えられる地域を図4.18に示す。4要素に共通して相互利益を受ける地域は淀川流域と兵庫県南部に集中していることが判る。

水道料金の格差是正について効果のある地域等を眺めると、極めて影響の少ない市町村と極めて影響の大きい市町村は全地域に分散しているが、相互に同程度の利益を受ける市町村は淀川流域及び兵庫県南部に分布している。(図4.19)

また、稼働率の是正に効果のある市町村については、極めて影響の少ない市町村及び極めて影響の大きい市町村は周辺に分布しているが、相互に同程度の利益を受ける市町村は同じく淀川流域を中心とした都市域に集中していることが判る。(図4.20)

#### 4-2 連絡管結合による市町村水道の効果

隣の市町村との地理的条件、水源の有無等はすべて大丈夫であるということを前提にして、隣接市町村間に連絡管を敷設した場合、各市町村の水道がどのような影響を受けるのか検討した。

融通水量は、便宜的に管径100mm、流速1m/secとした場合の流量(約700m<sup>3</sup>/日)を基準に、管の敷設本数で表現することとし、最大10本(約7000m<sup>3</sup>/日)までの変化をみた。1人当りの確保すべき水量は、日常的な生活が維持できる100l/日～200l/日としている。

結合により、お互いに同じ程度の利益を受ける市町村は近畿圏全域特に大都市以外の人人口密度の低い地域に分布していることが判る。すなわち、兵庫県、滋賀県の大部分、奈良県、和歌山県の一部に分布している。(図4.21)

連絡管を敷設することにより大幅な影響を受ける市町村とそれ程影響を受けない市町村があることが考えられる。大都市と周辺の小さな町の水道を連絡した場合、大都市の受ける影響はそれ程大きくはないが、小さな町の受ける影響は大きいと考えられる。大阪市、京都市、神戸市等の大規模水道の周辺には、結合により大きな影響を受けていることが判る。但し、このような傾向は大都市及びその周辺のみならず圏内の規模があまり大きくな

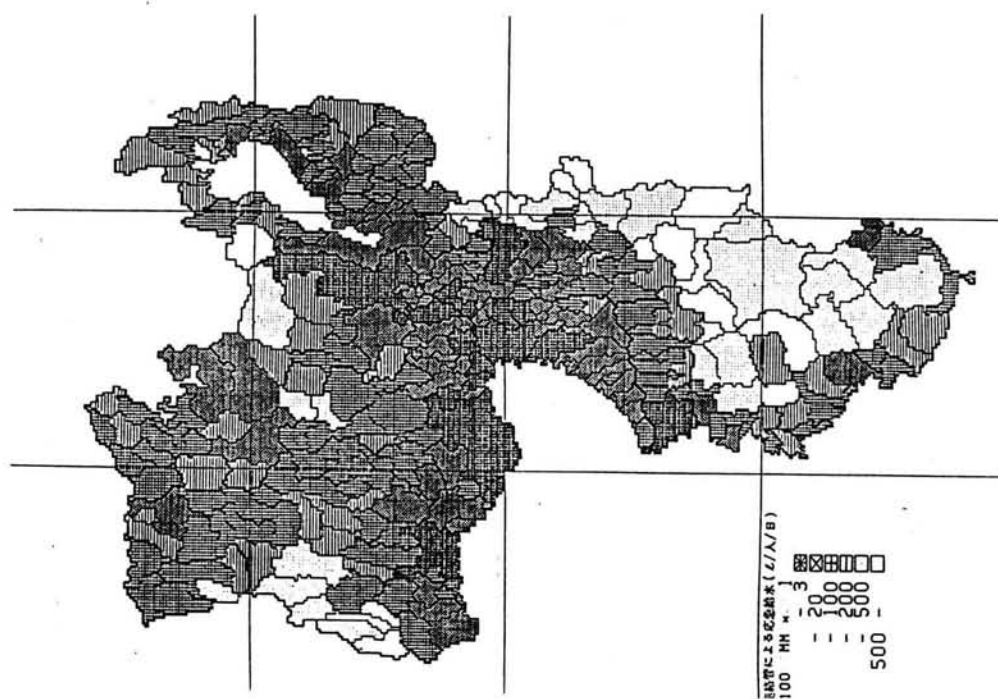


図4. 8 連絡管本数による相互融通量の変化  
100mm管1本の場合

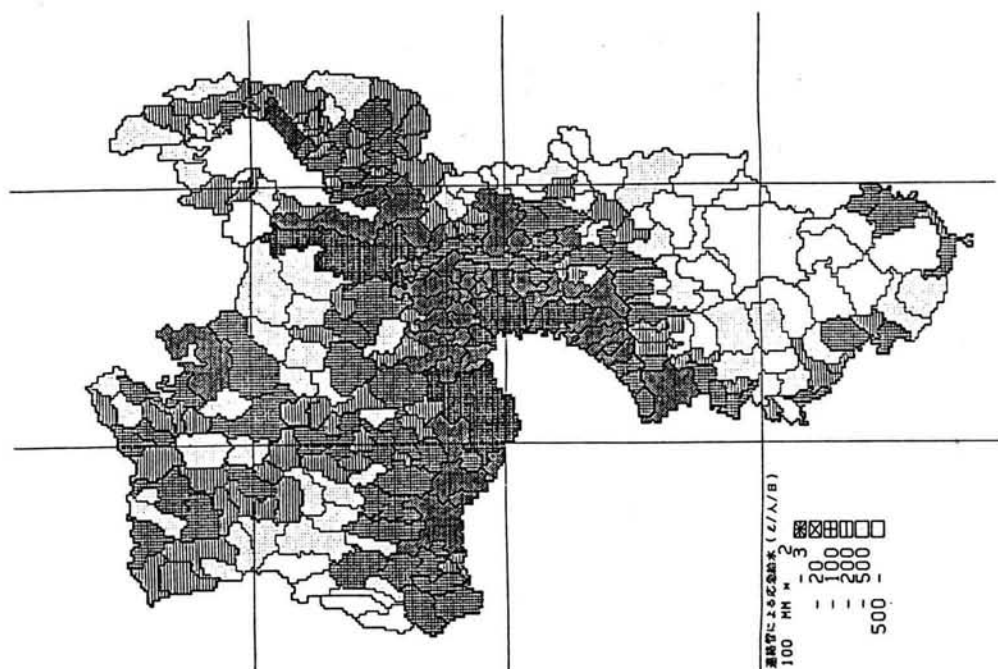
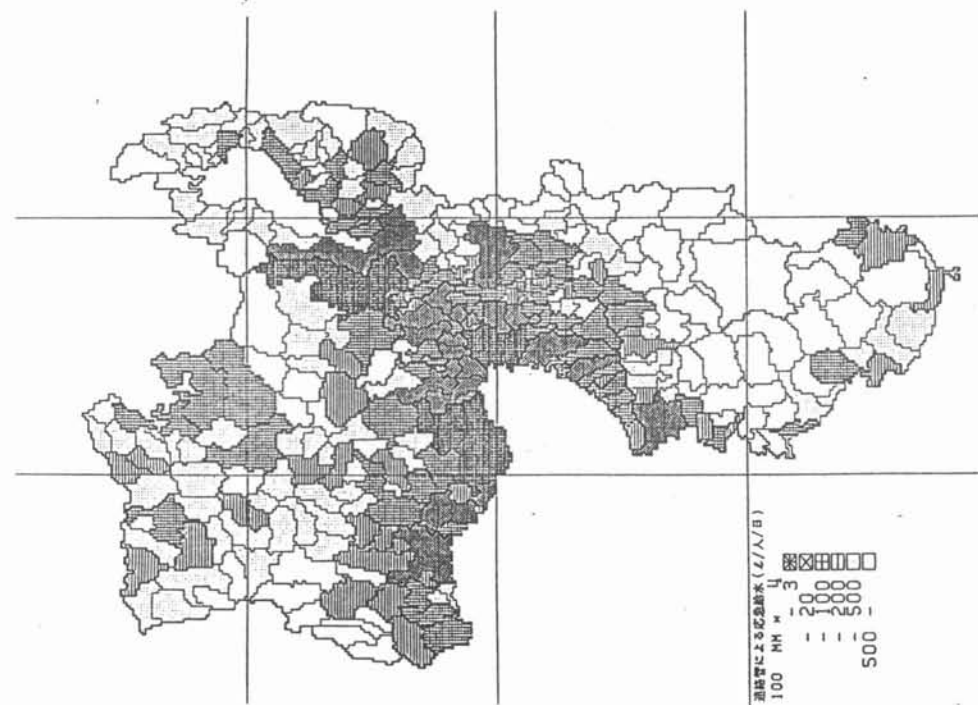


図4. 9 連絡管本数による相互融通量の変化  
100mm管2本の場合



「<sub>+</sub>」. 10連絡管本数による相互融通量の変化  
100mm管4本の場合

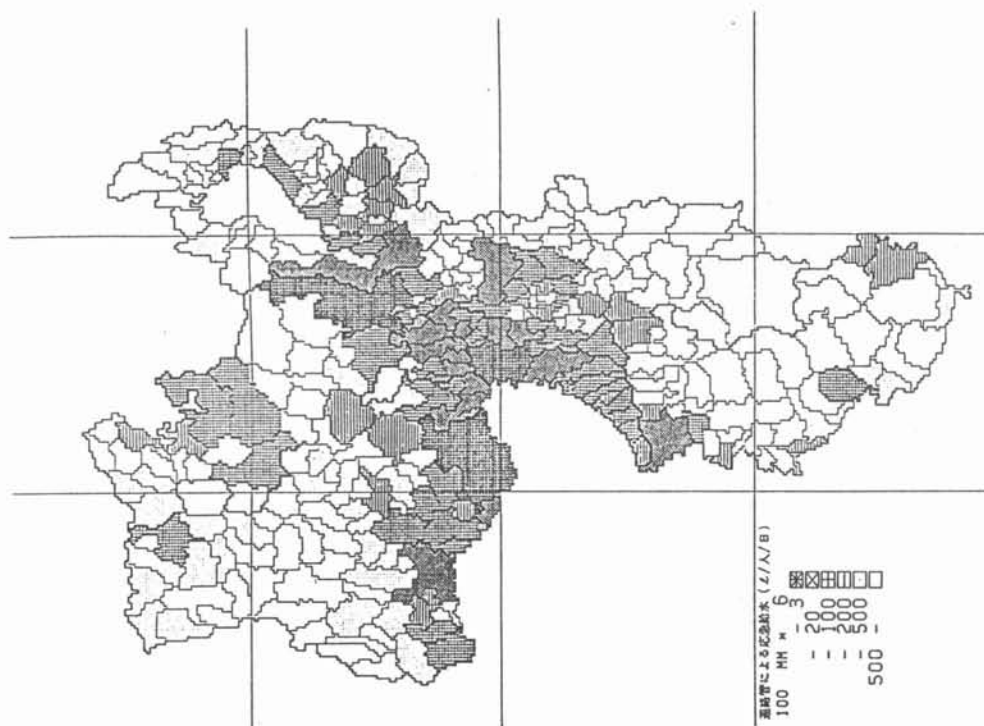


図4. 11連絡管本数による相互融通量の変化  
100mm管6本の場合

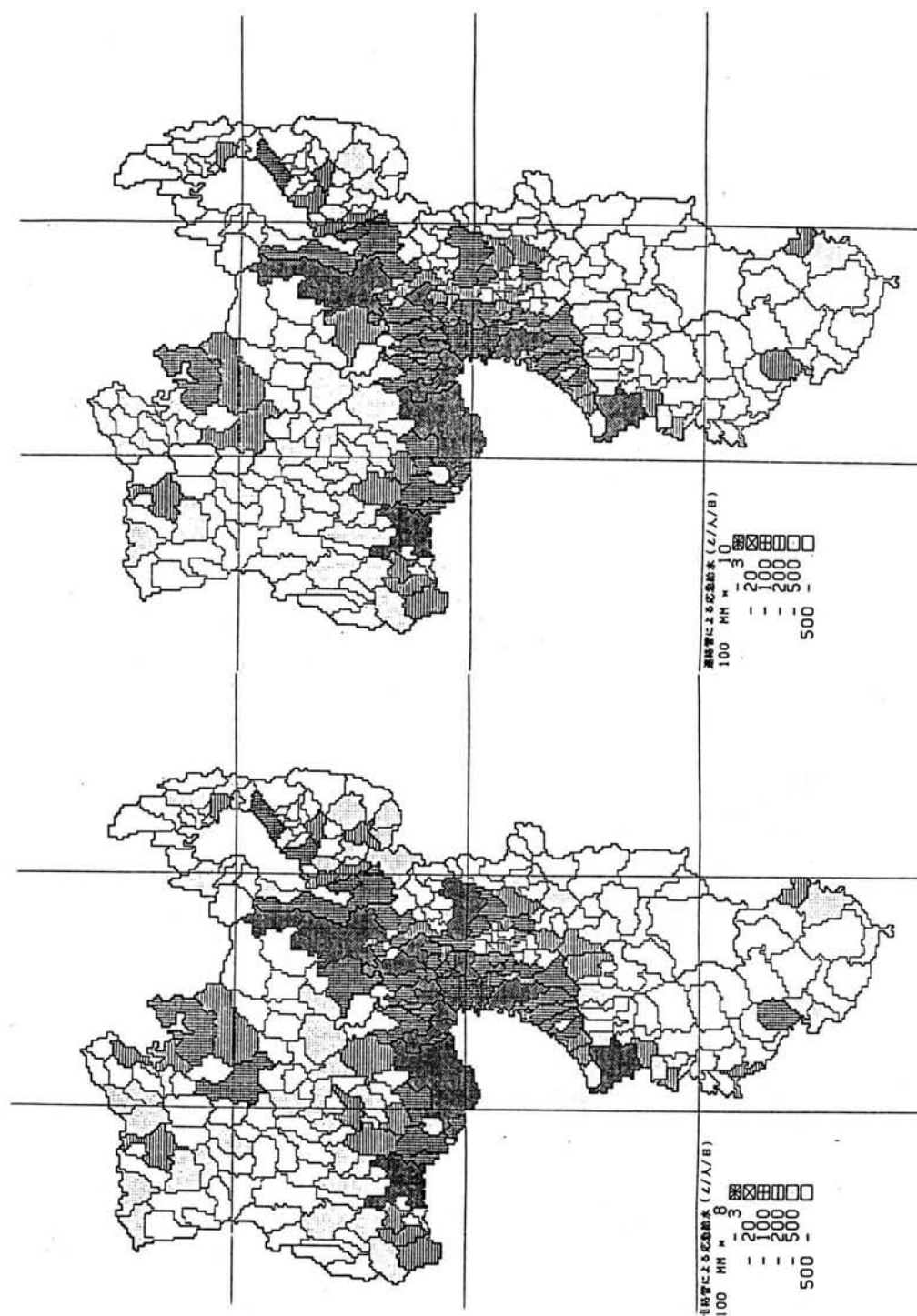


図4. 1 3 連絡管本数による相互融通量の変化  
100mm管10本の場合

図4. 1 2 連絡管本数による相互融通量の変化  
100mm管8本の場合

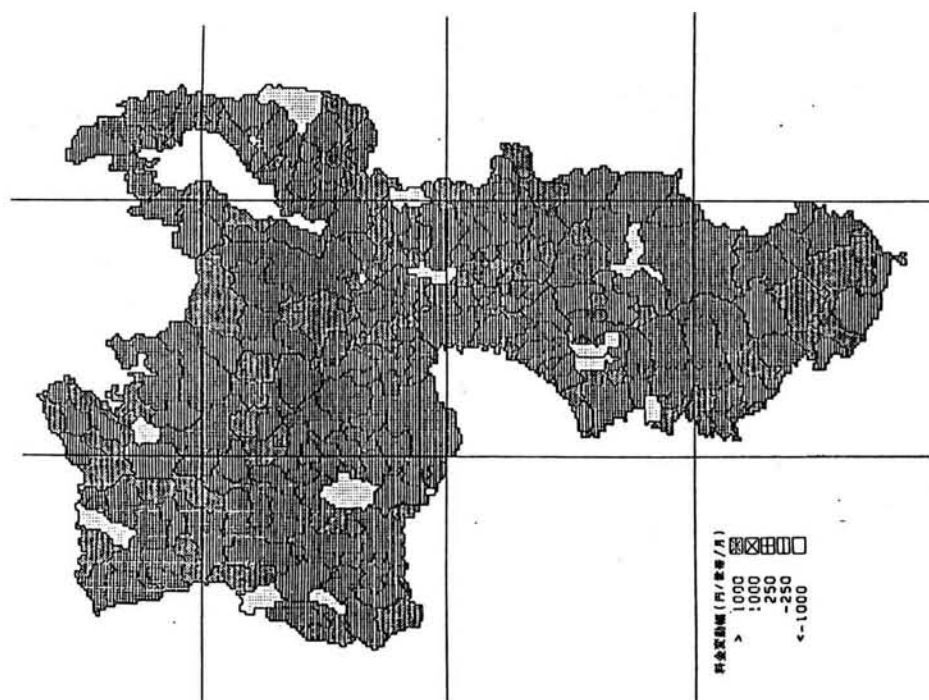


図4.14 水道料金の変動幅分布図

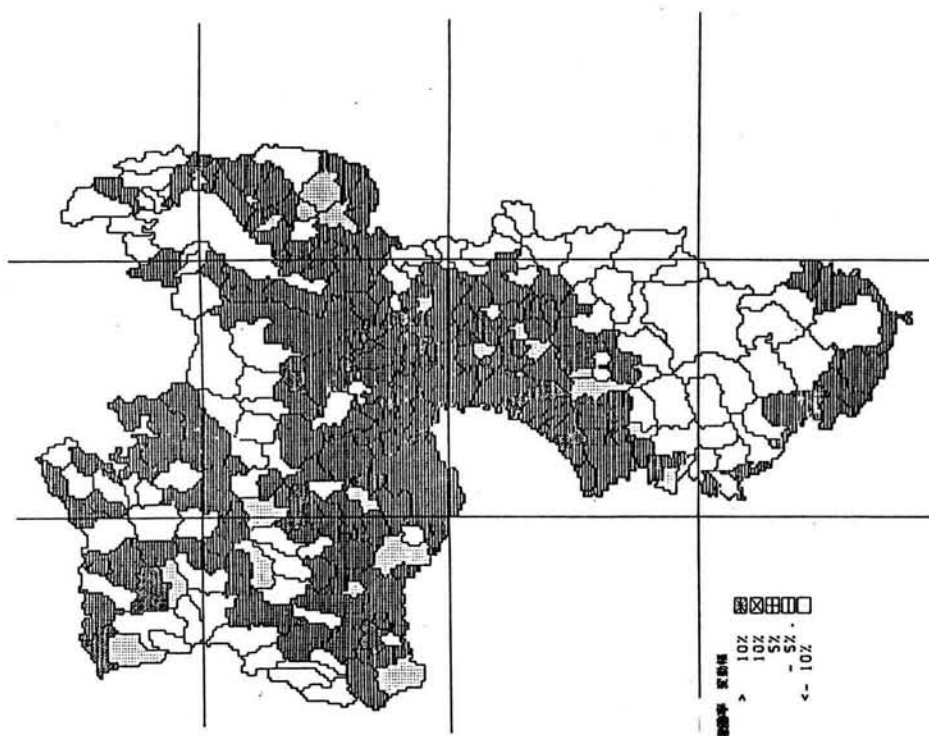


図4.15 稼働率の変動幅分布図

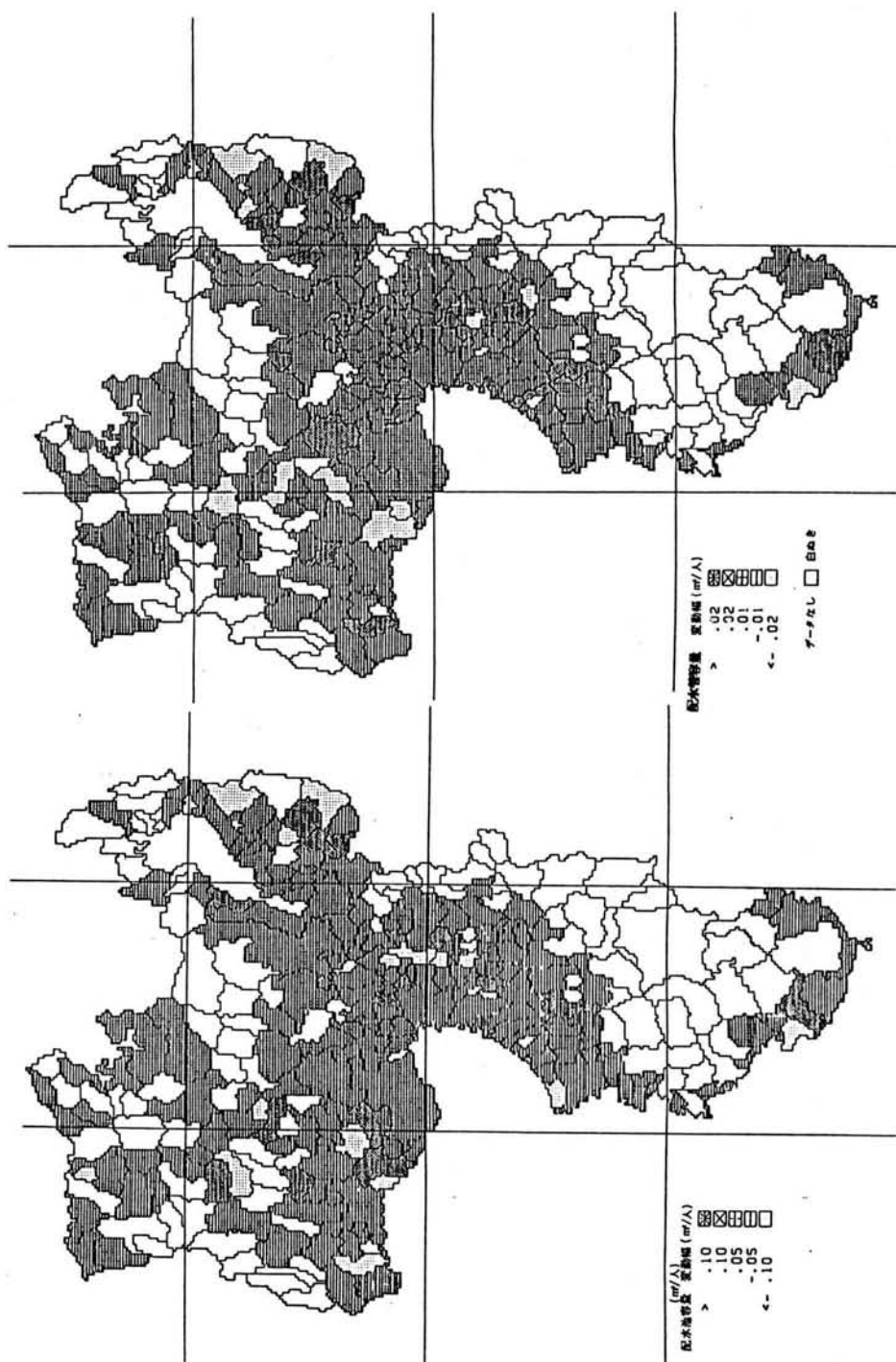


図4.17 配水管容量の変動幅分布図

図4.16 配水池容量の変動幅分布図



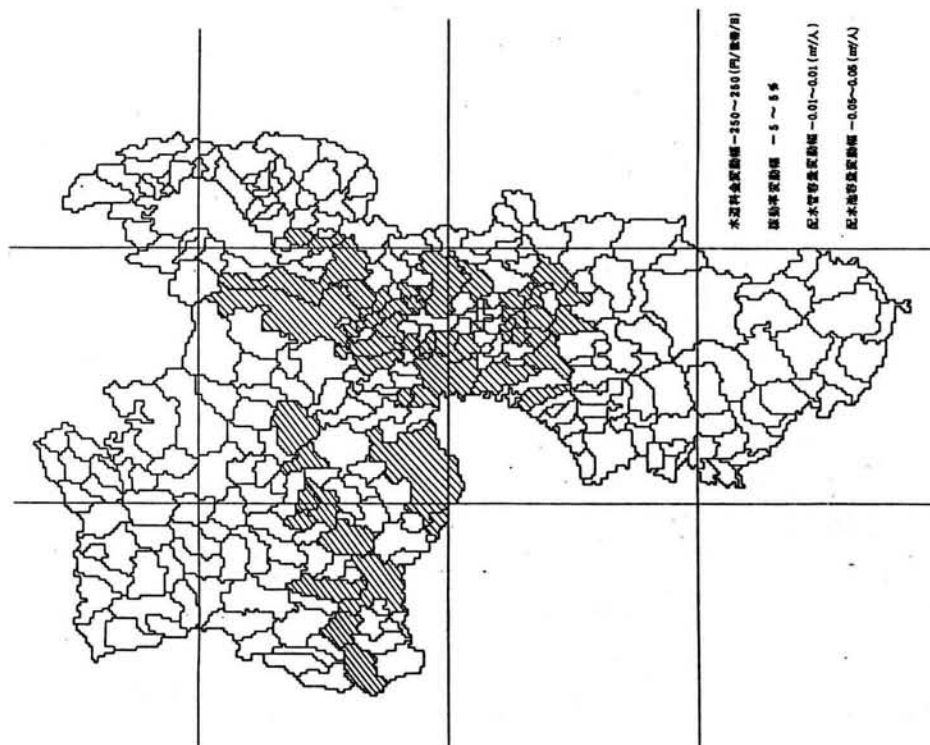


図4.18 4特性に共通して相互に利益を受ける地域

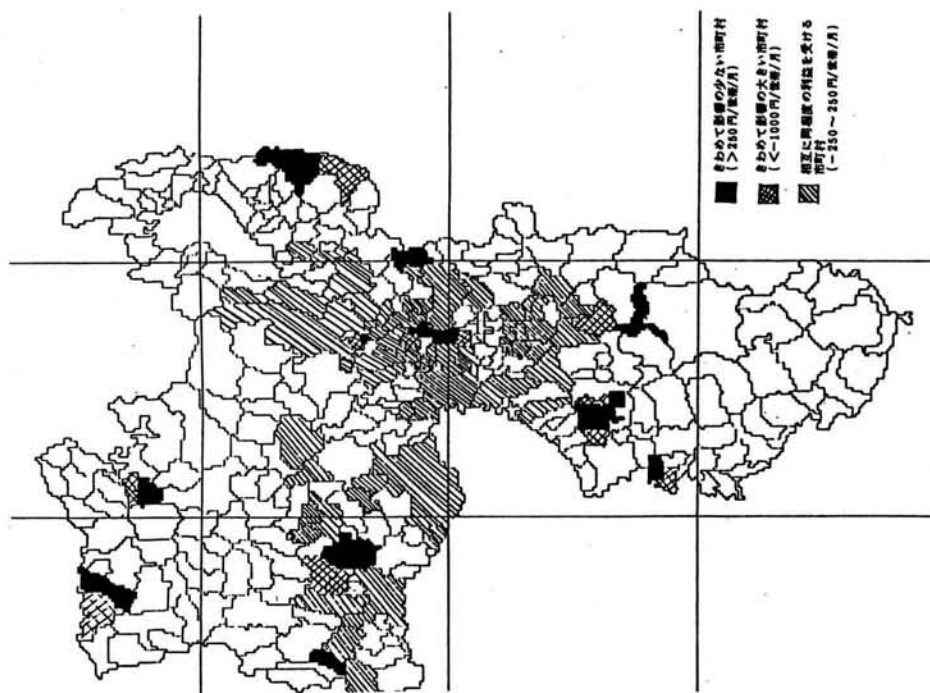


図4.19 水道料金格差は正に効果のある市町村

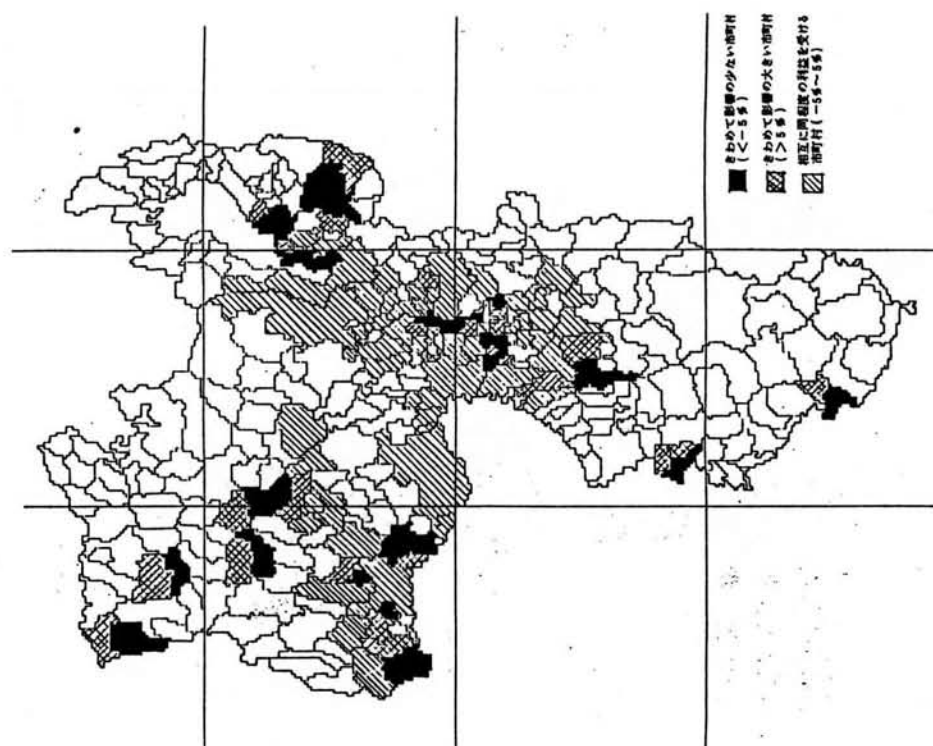


図4.20 稼働率の是正に効果のある市町村

い市町村間においても、その地域では中心的な役割をはたす市町村があることが判る。  
(図4. 22)

この二つを組み合わせたものが、相互融通量からみた場合の結合の効果のある市町村であり、これらの市町村は近畿圏内全域に分布していることが判る。(図4. 23)

#### 4-3 相互融通量からみた市町村の結合の効果

市町村間に連絡管を敷設する場合、平坦な隣接地と山間部を含むような地理的に高低の著しい地域では敷設後の水の流れが異なる。連絡管を通じて必要な水を送るには、ポンプを設置することも必要となる。又、ポンプの揚程も地理的条件によって異なる。

地理的条件が異なると、市町村の相互連絡としてはポンプ設備を設置する必要があることから、ポンプ揚程を市町村間の地理的条件と考えている。ポンプの揚程は、ポンプの汎用性、効率、管路圧力等から100mを限界とし、中継ポンプ場は設置せず、この条件を有する隣接市町村間は結合可能と規定している。また、現在、隣接市町村間に道路がない場合は結合不可能としている。

市町村の結合段階としては、

一方の市町村は自然流下、他方の市町村のポンプ揚程50m以下で結合

両市町村のポンプ揚程50m以下(自然流下含む)で結合

両市町村のポンプ揚程100m以下(自然流下含む)で結合

の3段階で整理している。

その結果をみると、一方が自然流下、他方がポンプ揚程50m以内の市町村ということで結合可能な場合は、近畿圏内でも比較的少なく、限定されることが判る。(図4. 24)

また、両市町村のポンプ全揚程50m以内で連絡するとなると、圏域内で多くの市町村が該当する。(図4. 25)

両市町村のポンプ全揚程を100m以内にまで広げると、ごく一部の山間部を除いて、圏域内のほとんどの市町村が結合可能に該当している。(図4. 26)

#### 4-4 経済性からみた市町村の結合の可能性

ポンプを設置すれば近畿圏の大部分の市町村は連絡管でもって水の相互融通を行うことが可能であることが判った。しかしながら、水道事業の経営からみると、それに要する建設費と、給水単価に影響を与える維持管理費についての検討が必要である。したがって、先に求めた地理的条件を満足する市町村間の連絡管敷設の経済性について検討する。

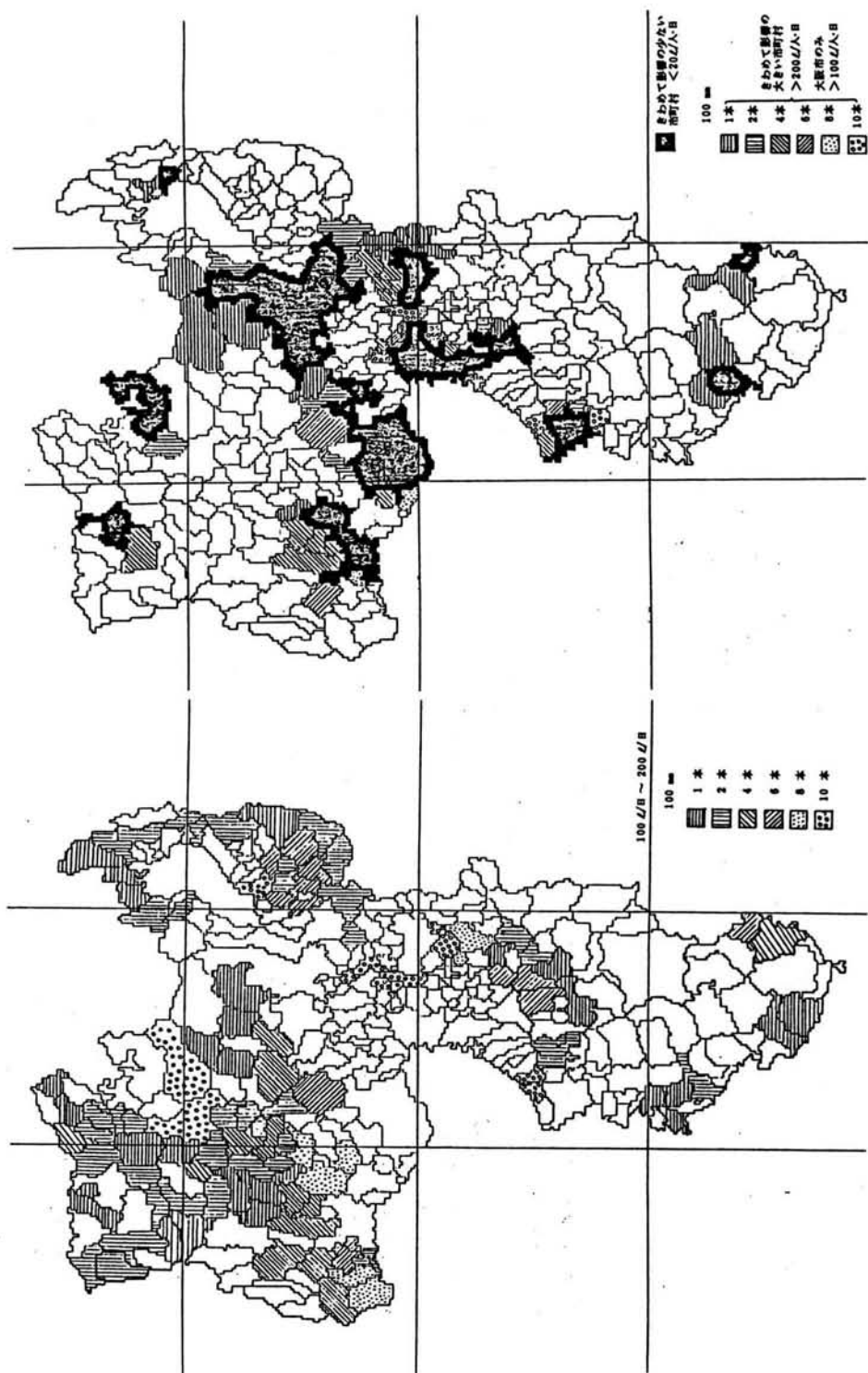


図4.22 水量で結合効果の高い市町村

図4.21 相互に水量的利益を受ける市町村

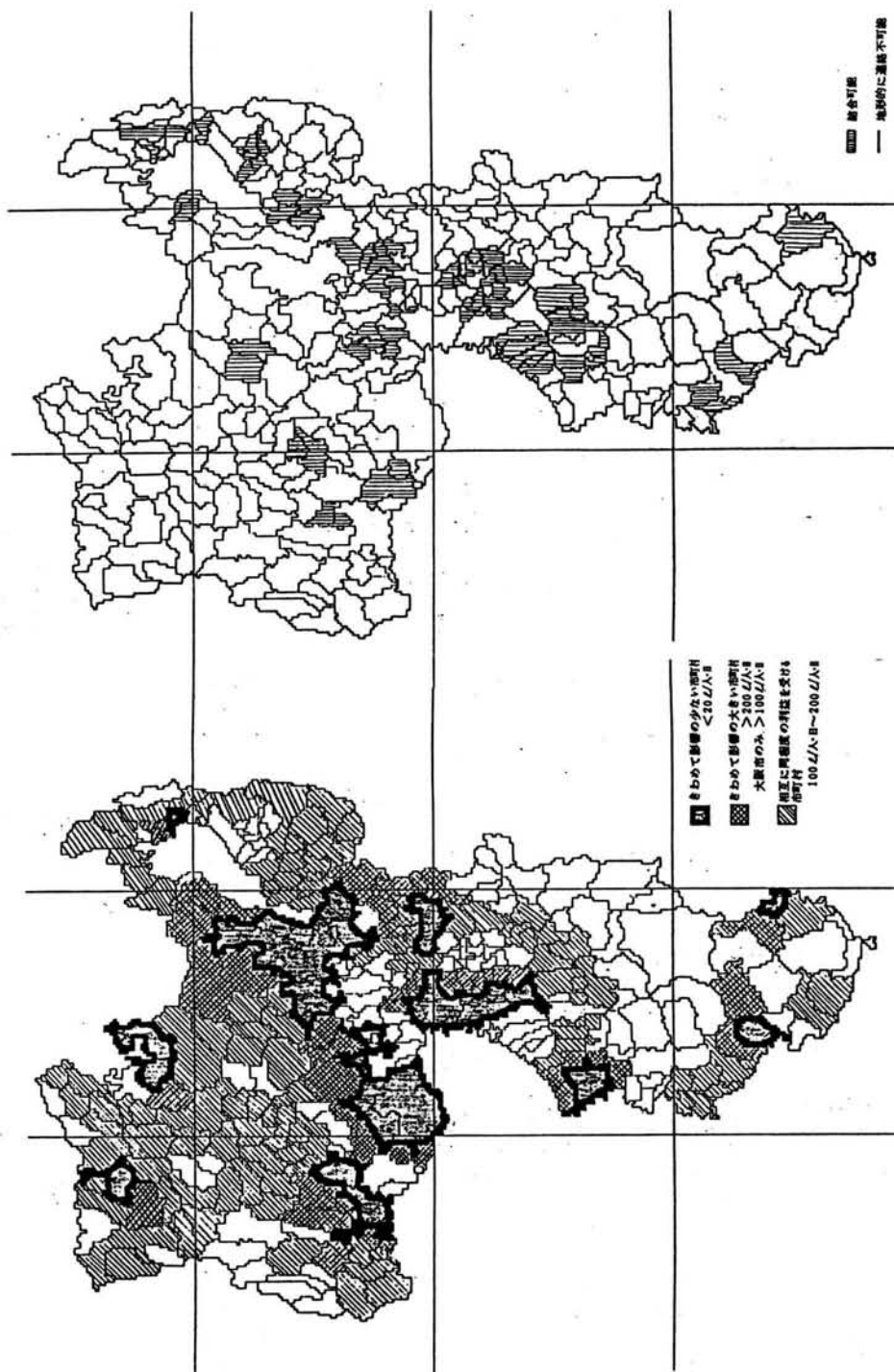


図4.23

相互融通通量より考えられる市町村の結合の効果

図4.24 自然流下、ポンプ全揚程50m以内の市町村

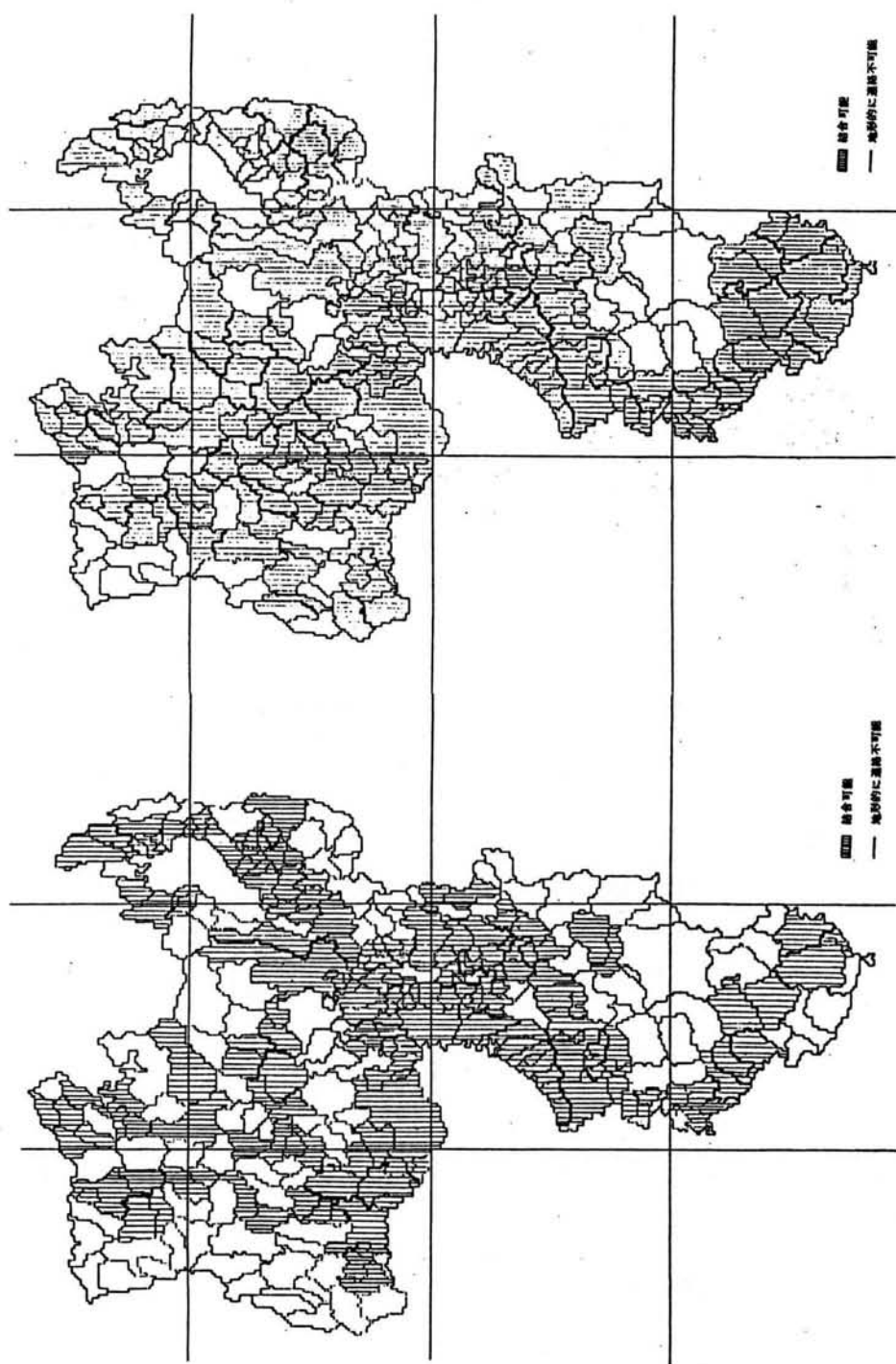


図4. 26 両市町村のポンプ全揚程100m以内

図4. 25 両市町村のポンプ全揚程50m以内

## 1) 建設費分布

### ア) 相互融通可能量 $1 \text{ m}^3$ /日当り建設費

市町村間に連絡管を敷設する場合、相互融通可能量  $1 \text{ m}^3$ /日当り建設費を算定する。  
算定に用いる費用関数としては、次のとおりとする。

連絡管敷設の建設費は、管敷設費 ( $e_1$ )、ポンプ設備費 ( $e_2$ )、ポンプ上家建設費 ( $e_3$ ) から成り立つものとする。

#### (a) 管敷設費

管種は昭和57年度単価の水道用遠心ダクタイル鋳鉄管とする。

土被りは1.20mとする。

仕切り弁などは1kmに1ヶ所設置する。

管径500mm以上については、あて矢板工法を全路線採用する。

舗装は中級とし、全路線復旧とする。

土質は普通土とする。

特殊構造物、工法は考慮しない。

敷設費は、昭和57年度水道歩掛等用いて費用関数を算出する。一般に小口径と大口径管では標準の埋設深さ、施工法で異なるため、管径500mmを限度として各々について算出する。

遠心ダクタイル鋳鉄管 1km当り布設費

φ75mm ~ φ450mm

(単位 千円)

| 口 径   | 75 mm  | 100 mm | 150 mm | 200 mm | 300 mm | 400 mm | 450 mm |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 布 設 費 | 12,000 | 14,000 | 17,000 | 20,000 | 26,000 | 35,000 | 41,000 |

φ500mm ~ φ1100mm

(単位 千円)

| 口 径   | 500 mm | 600 mm | 700 mm | 800 mm  | 900 mm  | 1000 mm | 1100 mm |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 布 設 費 | 58,000 | 61,000 | 77,000 | 101,000 | 114,000 | 141,000 | 153,000 |

単回帰法により下記の式が導かれる。

管径500mm未満

$$e_1 = 643 \times d^{0.663} \times L$$

(1)

管径500mm以上

$$e_1 = 11.7 \times d^{1.35} \times L \quad (2)$$

ここに、L：距離（km）

d：管径（mm）

e<sub>1</sub>：建設費（千円）

### （b）ポンプ設備費

電気設備を含めたポンプ設備費は、施設の容量、受電方式などによって異なるが、実績により費用関数を算出する。

なお、電気計装の設備使用については、遠方監視程度は可能なように考慮している。

ポンプ場における機械電気設備費

（昭和57年度実績）

| ポンプ設備 | 30kW×4台    | 55kW×4台    | 75kW×4台    | 110kW×4台   | 200kW×4台   |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 電気容量  | 120 kW     | 220 kW     | 300 kW     | 440 kW     | 800 kW     |
| 設備費   | 133,400 千円 | 136,000 千円 | 140,000 千円 | 158,800 千円 | 187,400 千円 |

単回帰法により下記の式が導かれる。

$$e_2 = 60,700 \times p^{0.153} \quad (3)$$

ここに、e<sub>2</sub>：ポンプ設備費（千円）

p：ポンプ総容量（kW）

### （c）ポンプ上家建設費

ポンプ上家の建設費は基礎地盤によって異なるが、普通地盤の場合は、通常1㎡当り15万円程度である。ポンプ場での必要上屋面積は東京都水道局の例によれば、ポンプ設備容量と上屋延べ面積との関係として次の式が導かれる。

$$S = 39.93 + 0.368P \quad (4)$$

ここで、S＝上屋延べ面積（㎡）

P＝ポンプ総容量（kW）

このため、ポンプ上屋建設費は下記に示す式となる。

$$e_3 = 5,990 + 55.2p \quad (5)$$

ここに、e<sub>3</sub>：建設費（千円）

p：ポンプ総容量（kW）



以上の関係から建設費 $=e_1+e_2+e_3$ である。

#### イ) 相互融通可能量 $1\text{ m}^3$ /日当り建設費

この算定式を用いて、相互融通可能量 $1\text{ m}^3$ /日当りの建設費を相互融通可能量一人あたり1001、2001の場合について分析状況を示す。

|                         |         |        |
|-------------------------|---------|--------|
| ポンプ揚程50m以下で相互融通可能量が1人当り | 1001の場合 | 図4. 27 |
|                         | 2001の場合 | 図4. 28 |
|                         | 1001の場合 | 図4. 29 |
|                         | 2001の場合 | 図4. 30 |

図によると、ポンプ揚程が50m以下、100m以下いずれの場合も一人当り2001の方が1001の場合よりも建設費は割安となっている。また、 $1\text{ m}^3$ /日当り建設費は1万円未満のところから40万円以上のところまで分布している。ポンプ揚程50m以下の場合、10万円未満の地域が淀川流域と瀬戸内海沿岸が中心となっている。100m以下となると50m以下の場合よりも対象地域が広がっており、特に一人当り2001以下の場合、奈良、和歌山、兵庫の山間部の一部を除いて近畿圏全域に分布している。建設費の差からいうと、大阪、京都、神戸といった大都市及びその周辺では割安になっているが、山間部では割高の傾向がみられ、その原因としては地形的な影響が考えられる。

#### ロ) 連絡管施設1ヶ所当り建設費

次に、実際に連絡管建設に必要な費用について1ヶ所当りの較差をみる。

|                         |         |        |
|-------------------------|---------|--------|
| ポンプ揚程50m以下で相互融通可能量が1人当り | 1001の場合 | 図4. 31 |
|                         | 2001の場合 | 図4. 32 |
| ポンプ揚程100m以下で            | 1001の場合 | 図4. 33 |
|                         | 2001の場合 | 図4. 34 |

1ヶ所当りの建設費となると、相互融通可能量が1人当り2001の方が1001の場合よりも高くなっている。これは、多くの水量を通す程建設費がかかることによるものである。1ヶ所当りの建設費では、 $1\text{ m}^3$ /日に比べるとその広がり大きいといえる。大都市及びその周辺での建設費が割高となっているのは、その地域での連絡管が大規模のものを必要としていることによる。ポンプ揚程からいうと、50m以下の場合よりも100m以下の場合のほうが対象範囲も広い。

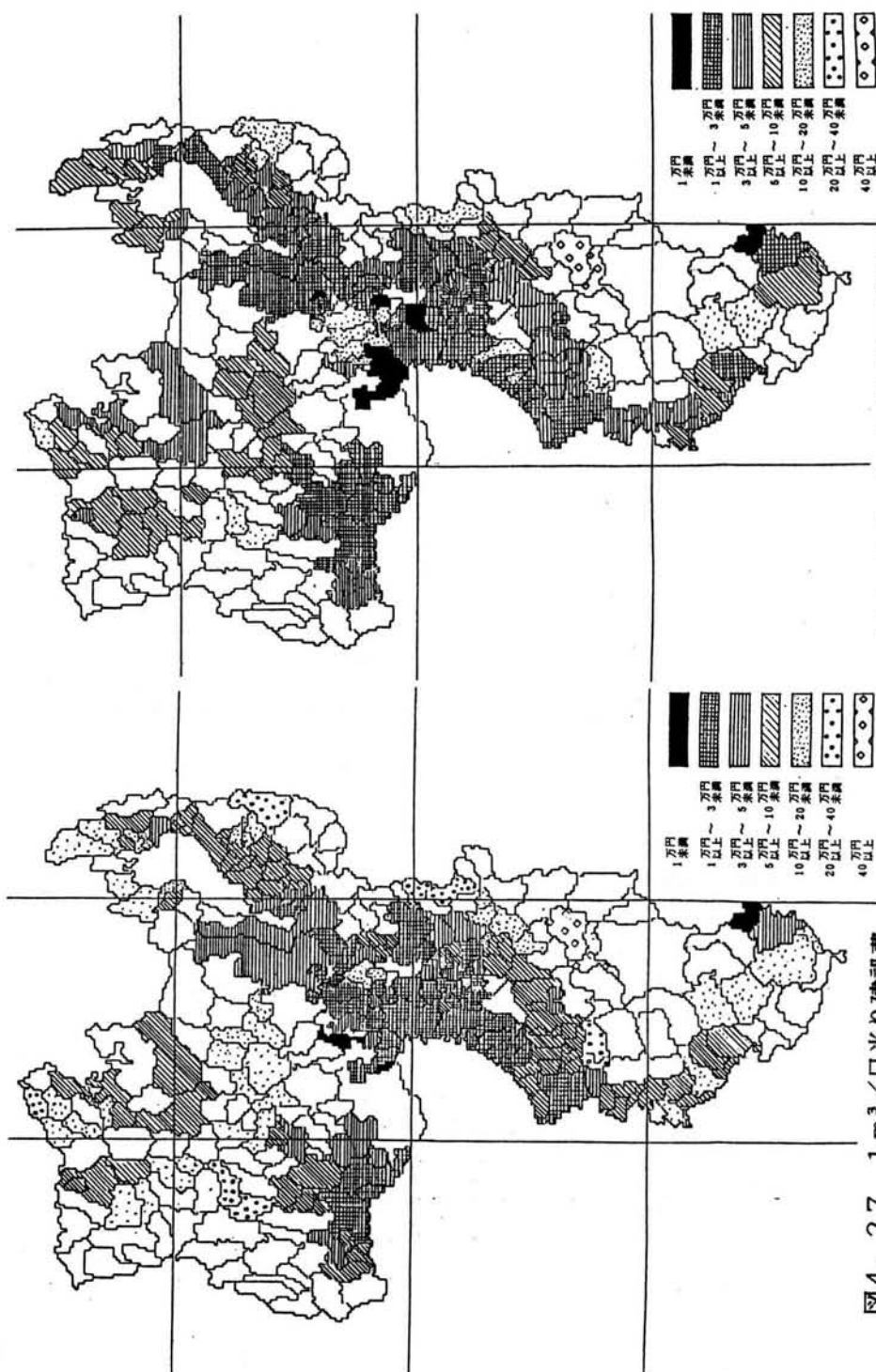


図4.27  $1\text{ m}^3/\text{日}$  当り建設費  
(ポンプ揚程50m以下で相互融通可能量が  
1人当り1001の場合)

図4.28  $1\text{ m}^3/\text{日}$  当り建設費  
(ポンプ揚程50m以下で相互融通可能量が  
1人当り2001の場合)

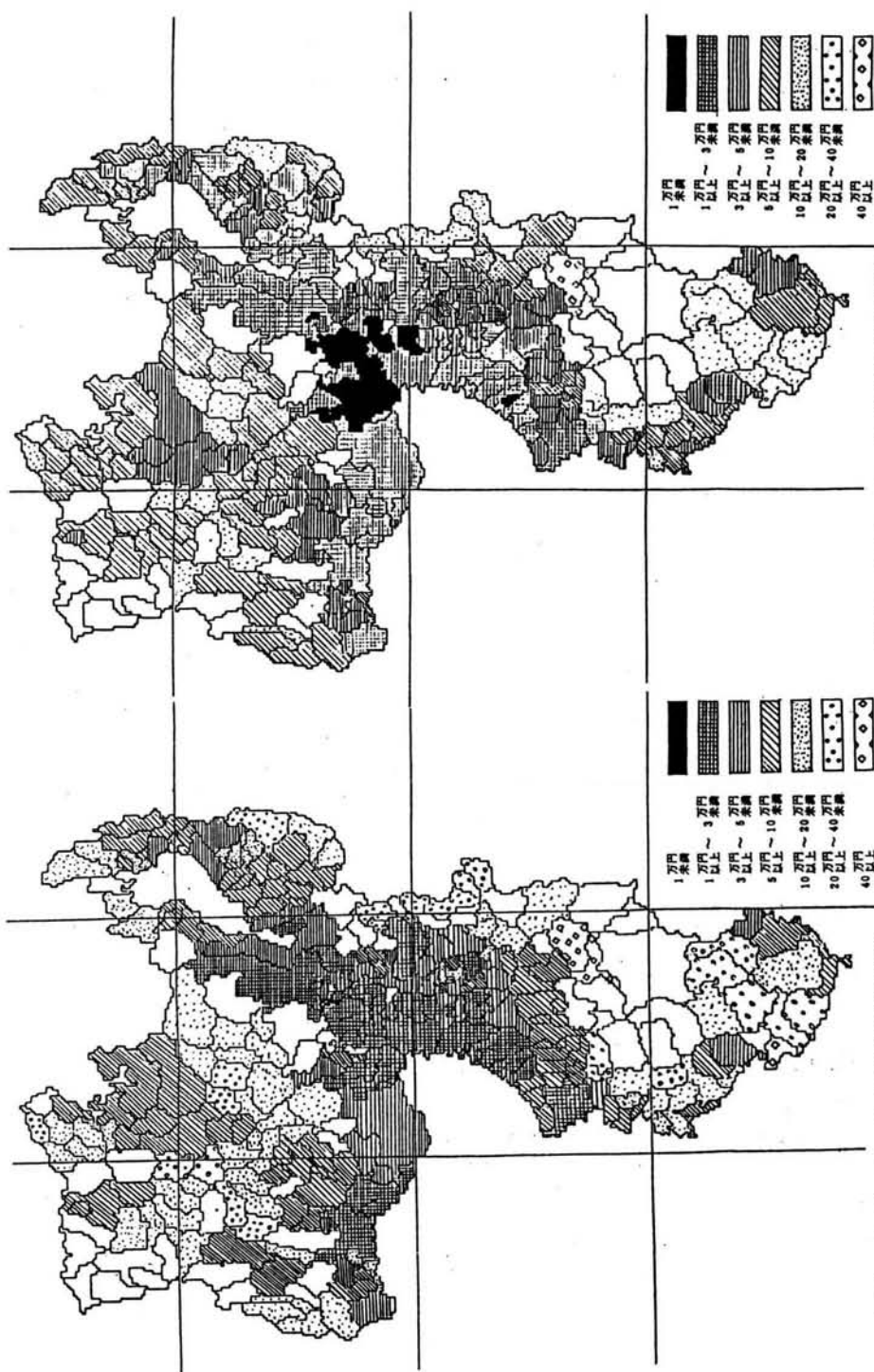


図4.29  $1 \text{ m}^3/\text{日}$  当り建設費

(ポンプ揚程100m以下で相互融通可能量が  
1人当り100lの場合)

図4.30  $1 \text{ m}^3/\text{日}$  当り建設費

(ポンプ揚程100m以下で相互融通可能量が  
1人当り200lの場合)

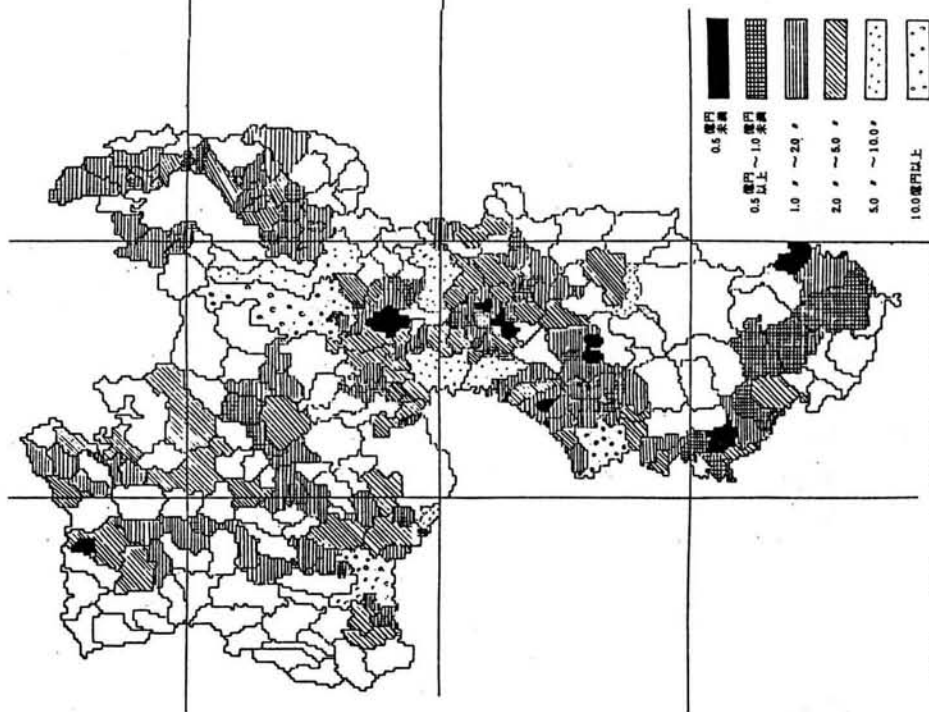


図4.31 1ヶ所当り平均建設費  
(ポンプ揚程50m以下で相互融通可能性が  
1人当り100lの場合)

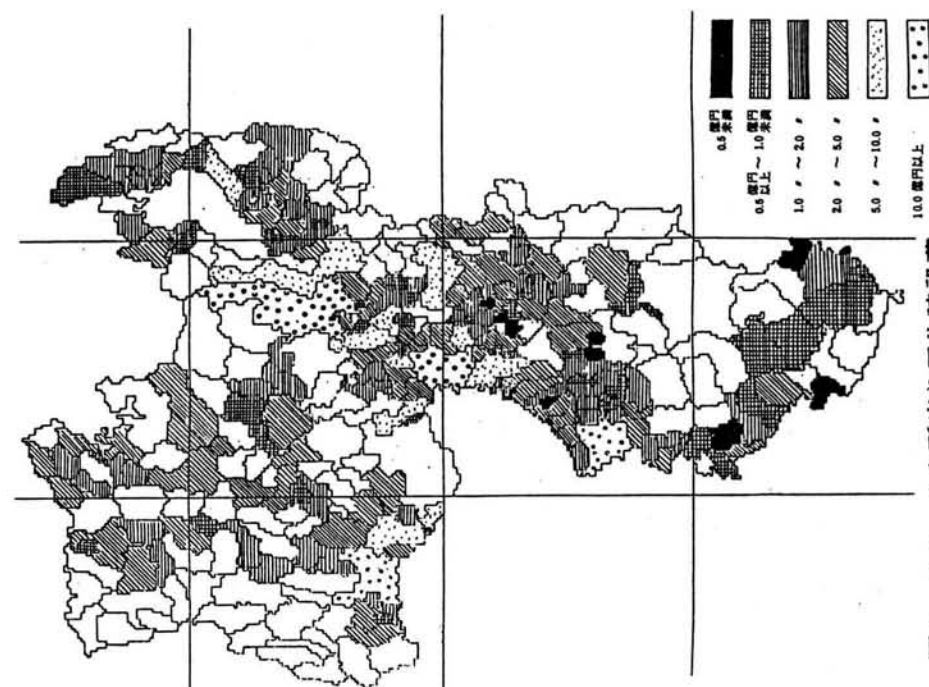


図4.32 1ヶ所当り平均建設費  
(ポンプ揚程50m以下で相互融通可能性が  
1人当り200lの場合)

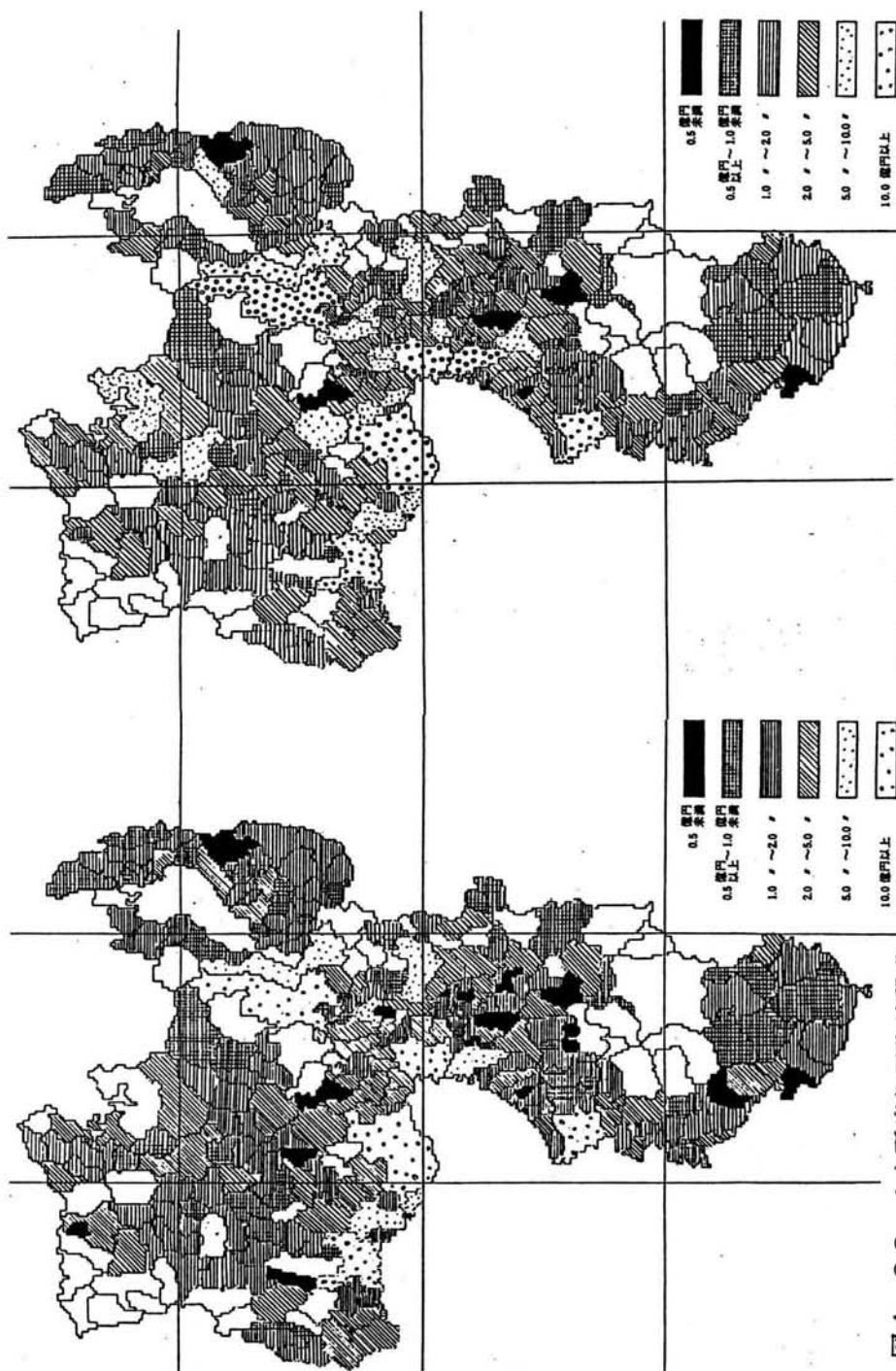


図4.33 1ヶ所当り平均建設費

(ボンブ揚程100m以下で相互融通可能量が  
1人当り100lの場合)

図4.34 1ヶ所当り平均建設費

(ボンブ揚程100m以下で相互融通可能量が  
1人当り200lの場合)

## 2) 維持管理費の分布

次に、維持管理費の面から地域の較差を分析する。維持管理費には、建設利息、減価償却費、固定資産保存費、ポンプ運転電気代などが含まれている。

連絡管の維持管理費は、次の4要素から構成されるものとしている。

$E_1$ : 管路関係経費

$E_2$ : ポンプ設備経費

$E_3$ : ポンプ上家関係経費

$E_4$ : 電力料

### (a) 管路関係経費

$$E_1 = e_1 (r + n_1 + m_1) \cdot L$$

ここに、 $e_1$ : 1 m当りの管敷設費(千円)

$r$ : 年利率

$n_1$ : 管路の減価償却費

$m_1$ : 管路の固定資産保存率

$L$ : 管路延長(km)

上記式より

管径500mm未満

$$E_1 = 68.8 \times d^{0.663} \times L$$

管径500mm以上

$$E_1 = 1.25 \times d^{1.35} \times L$$

ここに、 $E_1$ : 管路関係経費(千円)

$d$ : 管径(mm)

$L$ : 距離(km)

### (b) ポンプ設備関係経費

$$E_2 = e_2 (r + n_2 + m_1)$$

ここに、 $e_2$ : 1 km当りポンプ設備費(千円)

$r$ : 年利率

$n_2$ : ポンプ設備の減価償却率

### (c) ポンプ上屋関係経費

$$E_3 = e_3 (r + n_3 + m_3)$$

ここに、 $e_3$ : ポンプ室上屋のkw当り建築費(千円)

$r$  : 年利率

$n_3$  : 上家の減価償却率

$m_3$  : 上家の固定資産保存率

上記式より

$$E_3 = 605 + 5.58 \times p$$

ここに、 $E_3$  : ポンプ上屋関係経費 (千円)

$p$  : ポンプ総容量 (kw)

(d) 電力料

$$E_4 = 127 \times p$$

ここに、 $E_4$  : 電力料 (千円)

$p$  : ポンプ総容量 (kw)

以上の算定式によって、 $1\text{ m}^3$ 当りの年間の維持管理費の分布をみた。

ポンプ揚程50m以下で相互融通可能量が1人当り1001/日の場合 図4.35

2001/日の場合 図4.36

100m以下で

1001/日の場合 図4.37

2001/日の場合 図4.38

ポンプ揚程50m以下の場合、1人当り給水量1001/日では大阪府の市街地を中心として3千円未満の年間維持管理費で賄われることが判る。これが、2001/日となると、3千円未満の市町村の数が多くなって来る。また、1001/日では高かった市町村が2001/日では安くなっているところが多くなっている。しかしながら、結合不可能の市町村の数にはほとんど変わりはない。

ポンプ揚程100m以下の場合、50m以下の場合に比べて結合不可能の市町村の数が極端に少なくなっている。一部の市町村では50m以下の場合よりも維持管理費が割高になっているが、全般的には安くなっている。2001/日の場合はその傾向はより顕著である。

#### 4-5 水道用水供給事業を中心とした市町村の結合の効果

現在、近畿圏には11の水道用水供給事業が存在する。(図4.39)ここでは、水道用水供給事業が相互に連絡結合しているとした場合、隣接市町村にどのような影響を与えるか検討する。

すなわち、一元化された水道用水供給事業を中心として相互融通が行われた場合の1人





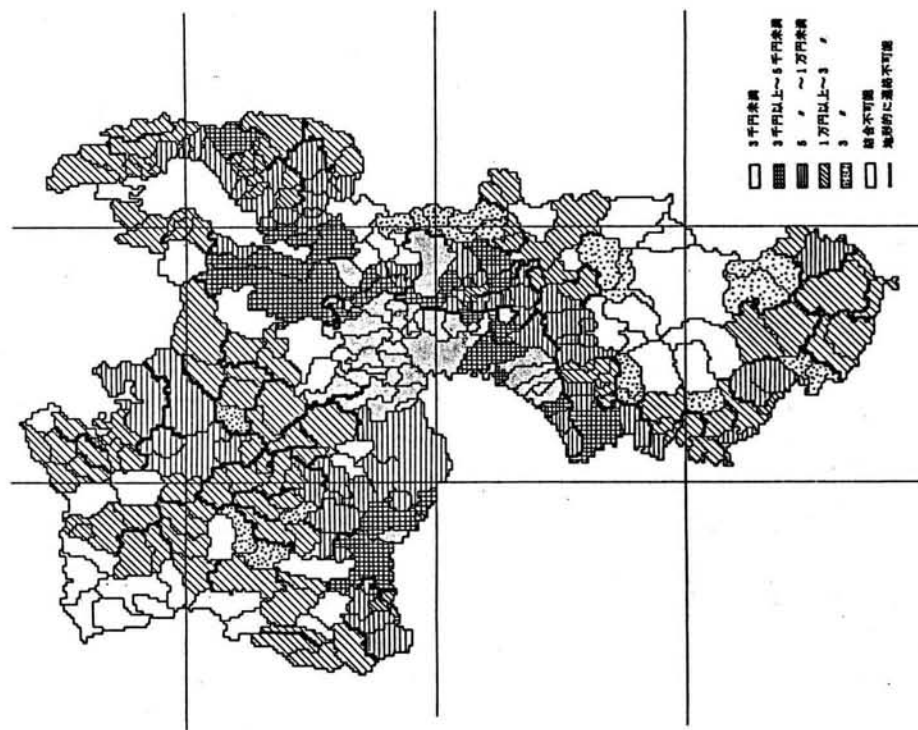


図4.37 1m³当りの年間維持管理費

(ポンプ揚程100m以下で相互融通可能性が  
1人当り1001/日の場合)

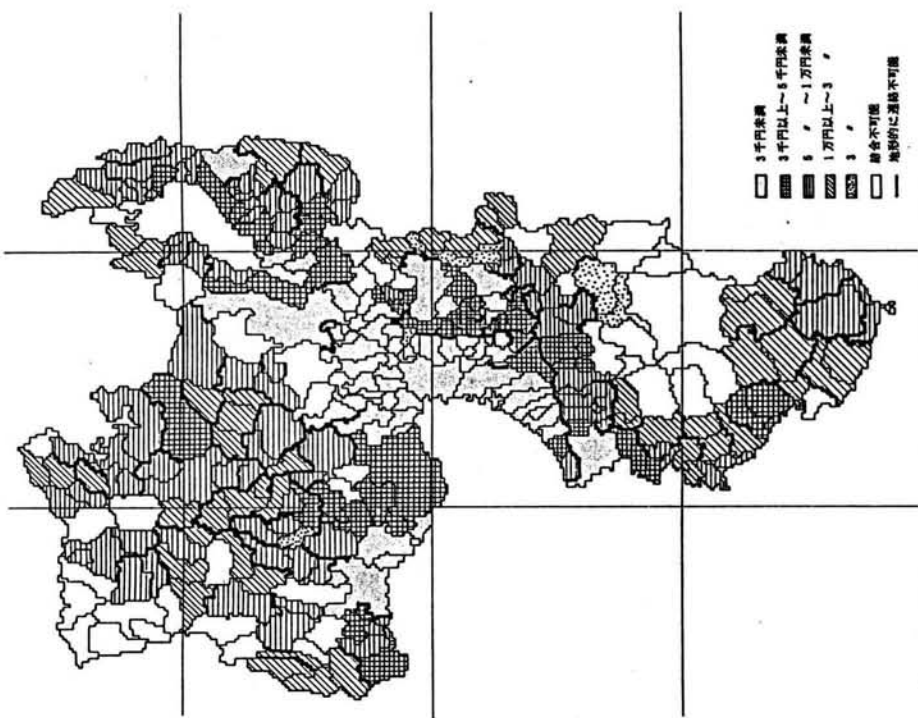


図4.38 1m³当りの年間維持管理費

(ポンプ揚程100m以下で相互融通可能性が  
1人当り2001/日の場合)



当りの給水量の変化をみている。なお、調査の方法、評価基準などは、2-（2）と同様とする。その結果、

水道用水供給事業を中心として相互に水量的利益を受ける市町村 図4. 4 2

水量で結合効果の高い市町村 図4. 4 3

結合の効果のある市町村 図4. 4 4

なお、結合の効果のある市町村とは、水道用水供給事業を一元化した場合、水道用水供給事業を中心として相互に水量的利益を受ける市町村、水量で結合効果の高い市町村の検討結果から、その供給区域を広げ、結合の可能性のある市町村のことである。

水道用水供給事業を中心として相互に水量的利益を受ける市町村は、都市部というよりはむしろ山間部に片寄っていることが判る。（図4. 4 2）

また、水道用水供給事業を中心として水量で結合効果の高い市町村は現在存在する水道用水供給事業の周辺にのみ、しかも極一部に見られるにすぎない。（図4. 4 3）

水道用水供給事業を中心として結合の効果のある市町村は、現存の水道用水供給事業の周辺部に見られることが判る。（図4. 4 4）

## 5）連絡管による市町村水道の結合可能性のまとめ

### （1）市町村の水道事業を中心とした場合

まず、地形及び経済性からみた市町村の結合の可能性をみる。近畿圏の市町村の結合の可能性を、地形及び経済性の面から3つのレベルに整理する。

レベル1：地形的に結合は可能であり、経済性も良い市町村

レベル2：地形的に結合は可能であるが、経済性で劣る市町村

レベル3：地形的に結合は非常に困難であるか、地形的には可能であっても経済性が非常に悪い市町村

レベル3の市町村は、地形及び経済性からみてほとんど結合の可能性がないと考えられる。

レベル1に属する市町村の大部分は大都市周辺域すなわち淀川流域及び瀬戸内海、大阪湾沿岸を中心とした地域で占めている。言わば、現在、水道用水供給事業が水源の公平配分という観点から市町村に対し、用水を供給している地域を中心としている。水道用水供給事業の設立は水の公平配分を行う上で必然的に行われたとも言えよう。従って、これらの地域では水道用水供給事業のみならず、市町村間の水道施設の結合により、より安定した施設の実現が考えられる。それも、施設面だけでなく、経済性についても裏付けされている。

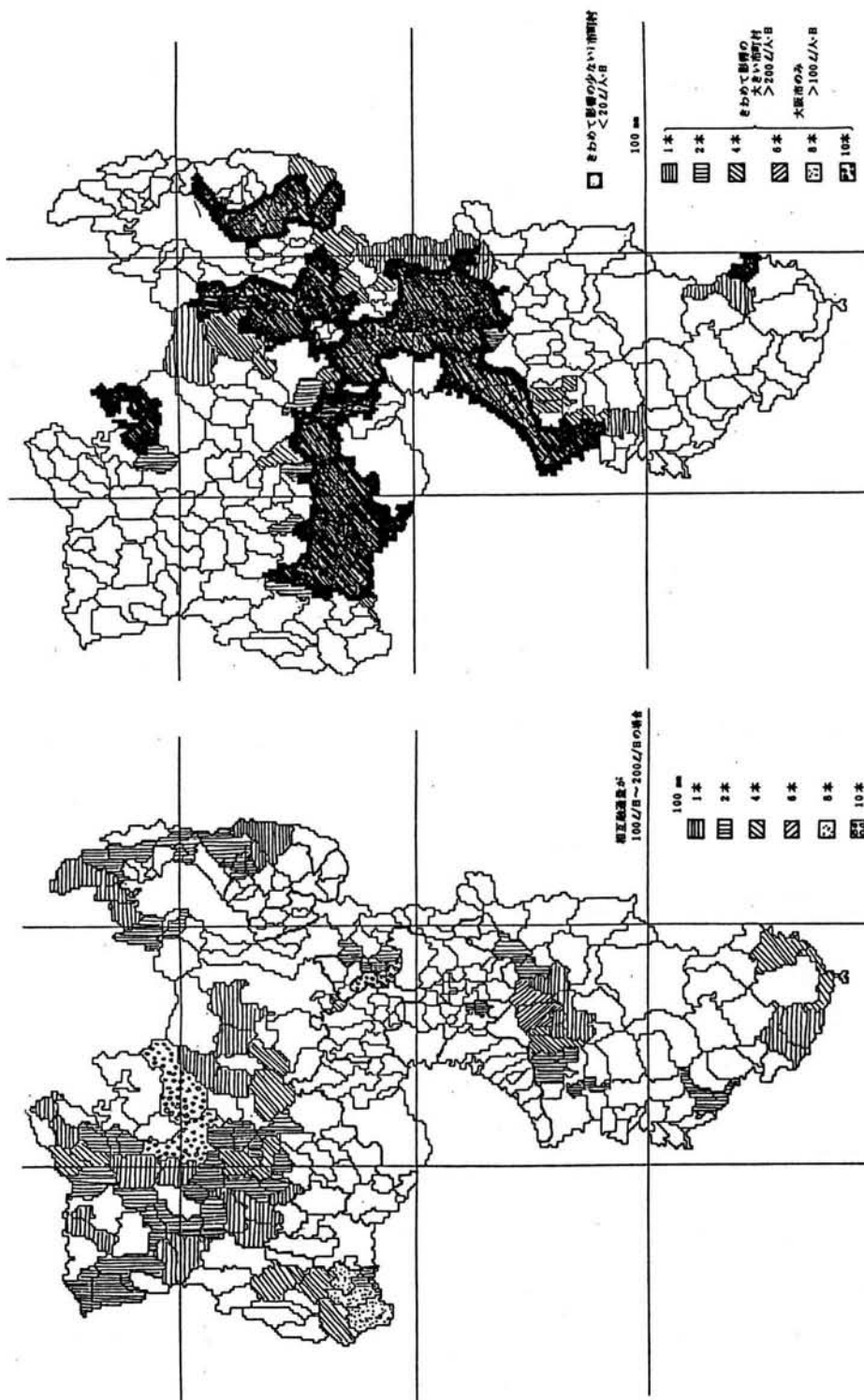


図4.41 水道用水供給事業を中心として  
相互に水量的利益を受ける市町村

図4.42 水道用水供給事業を中心として  
水量で結合効果の高い市町村

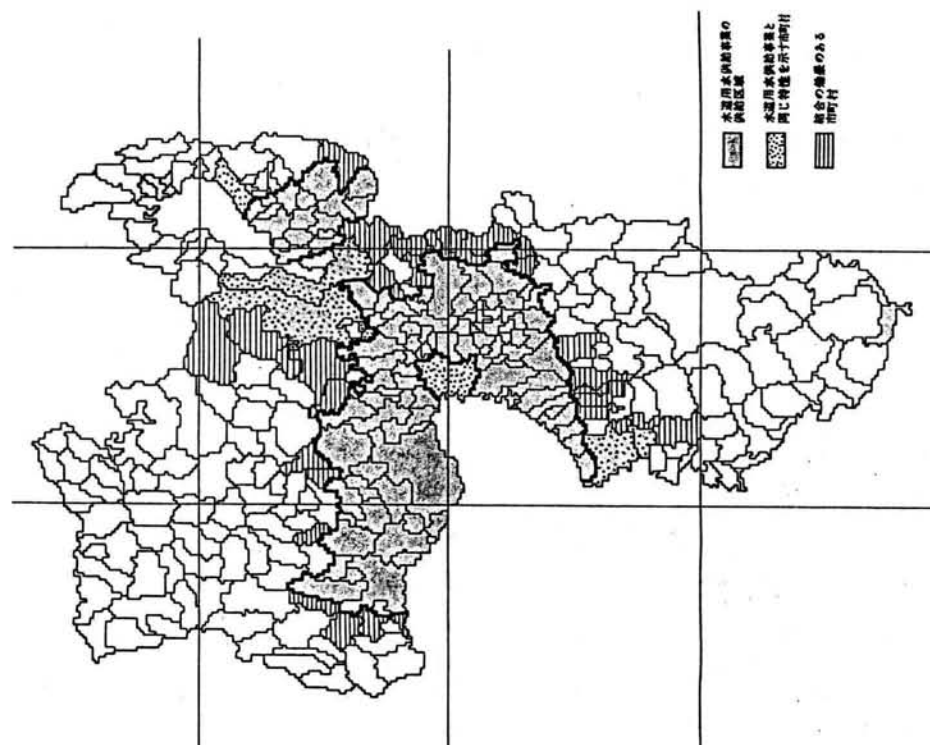


図4.43 水道用水供給事業を中心として  
結合の効果のある市町村

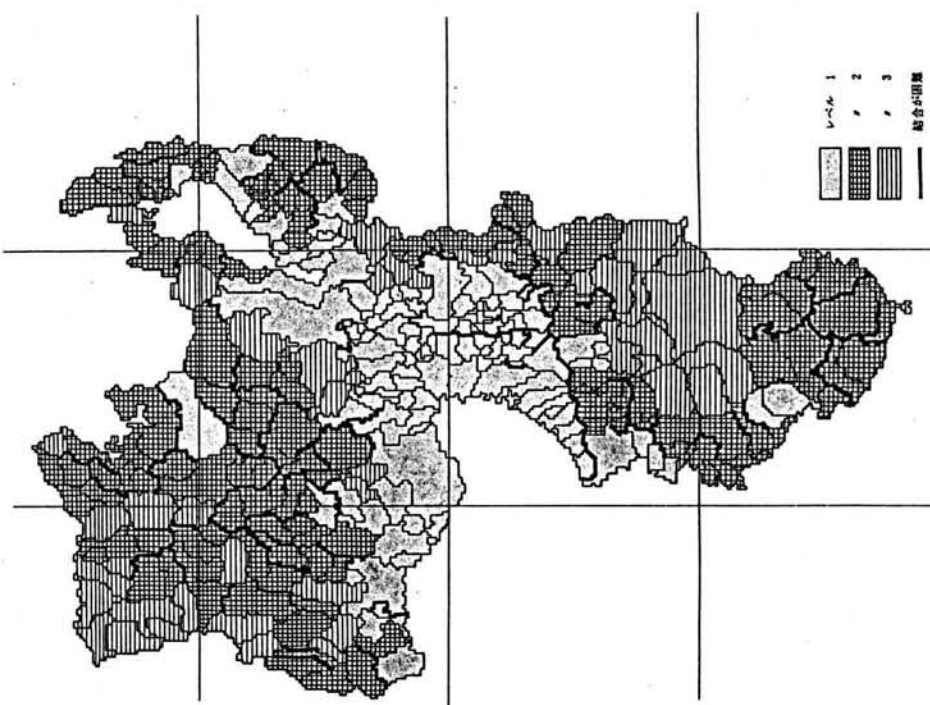


図4.44 地形及び経済性からみた結合の可能性

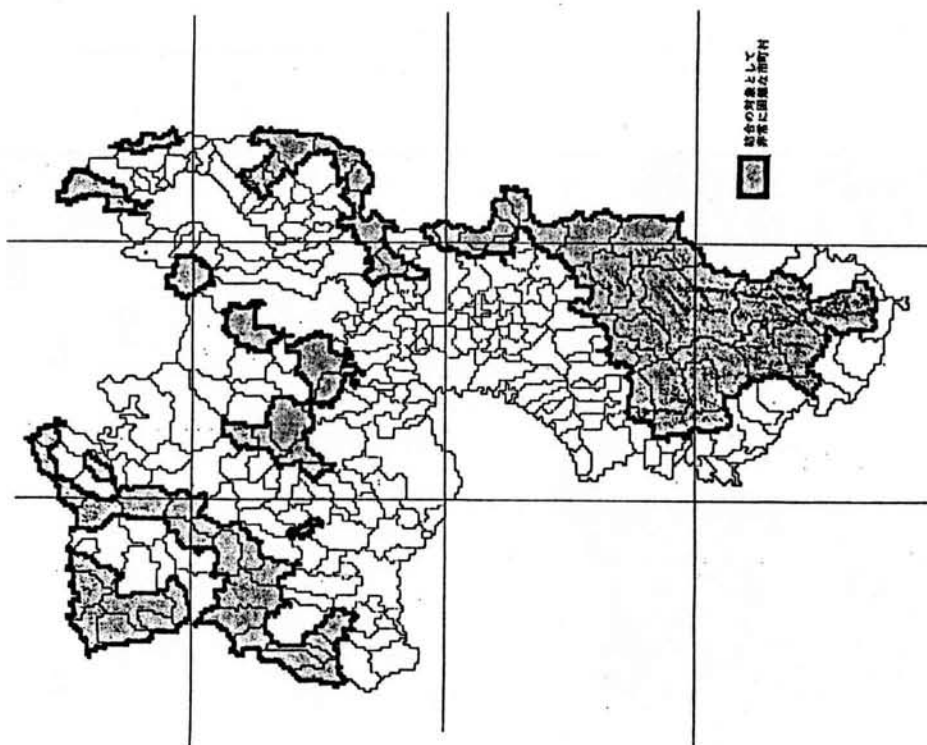


図4.45 近畿圏で結合の対象として  
非常に困難な市町村

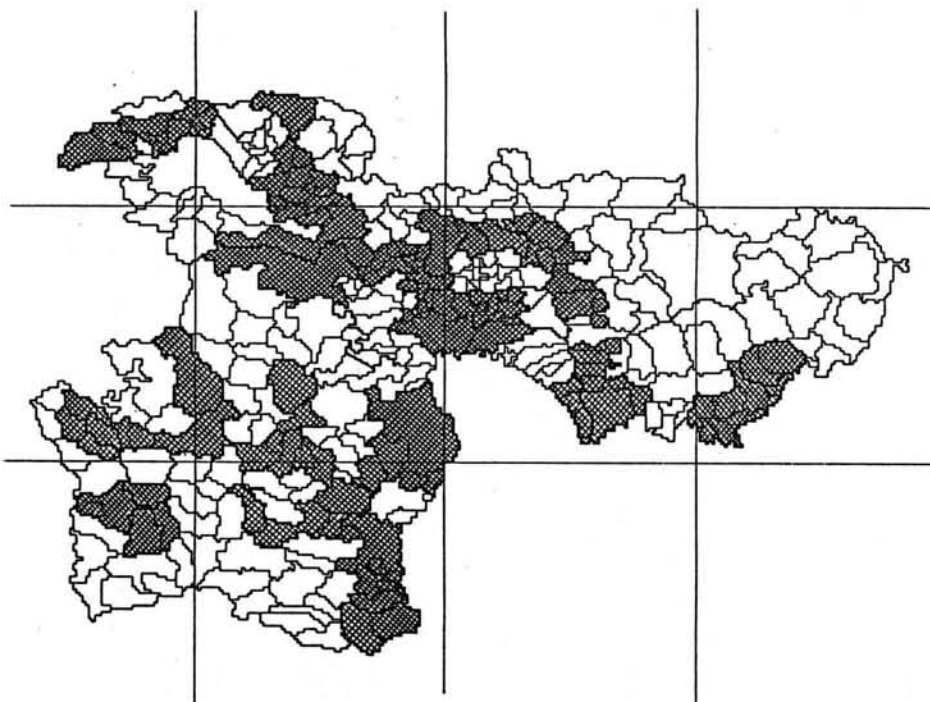


図4.46 連絡管設置が望ましくかつ  
技術的にそれが可能な地域

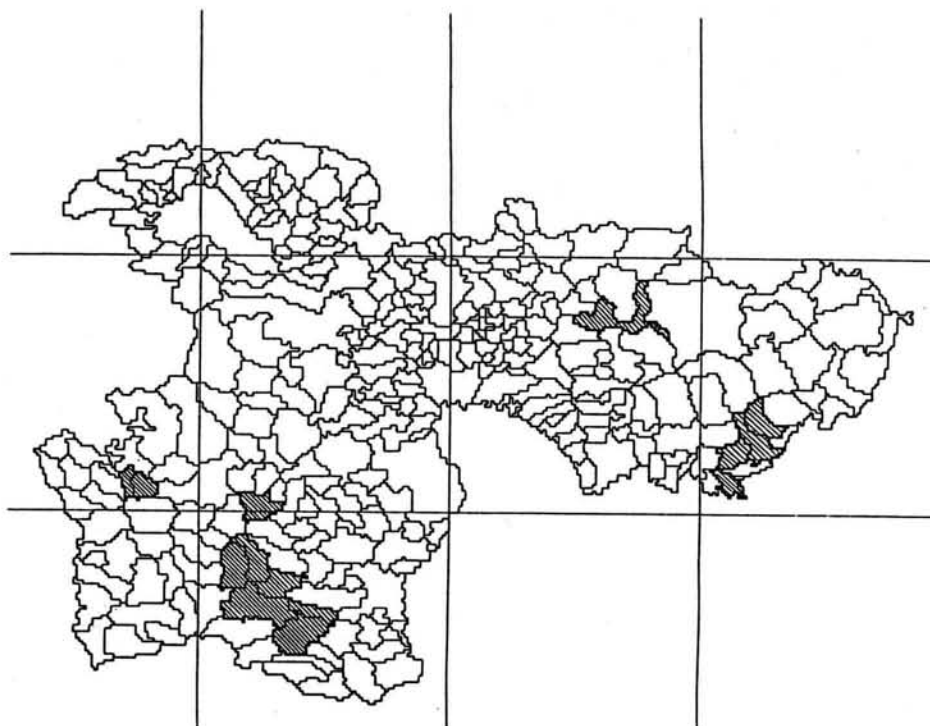


図4.47 簡易水道の多い地域で何らかの理由で  
統合にメリットがある地域

レベル2に属する地域は水道用水供給事業も存在しないような言わば山間部ないしはそれに近い地理的条件を有する市町村である。和歌山県の古座川は水道用水供給事業が存在しながらレベル2になっているのはむしろ例外的である。

レベル3に属する地域は本当の山間部とすることができる。一部水道用水供給事業の設けられている市町村に接しているところもみうけられるが地形的に険しいところということができる。(図4.44)

実際に、連絡管でもって結合するとすると、レベル1の地域については地理的にもまた経済的にも優れているので、水道用水供給事業の有無に係わらず、事故、災害等も考慮にいれて、実施することが望ましいと考える。レベル2の場合は、経済性との問題であり、より安定性の確保ということからすれば結合することも決して無駄では無いと言える。レベル3の地域は結合することが問題である。

水道用水供給事業を一元化した場合給水対象地域は上記のレベル1とかなり重なりあっており、結合の効果は広範囲に及ぶものと考えられる。水道用水供給事業の給水対象市町村の近隣でレベル3の市町村がみられるが、これらの市町村にまで結合の効果を与えることは、地理的条件等からして難しいと考える。

## 6) 考察

以上、近畿圏の市町村における広域化の可能性について検討してきた。広域化の必要性については種々考えられるが、例えば、水道料金の均一化等の観点から広域化を進めるとすると、水道施設の状況はともかくとして、まず水道事業の統合等があげられる。このような事務的な統合によっても給水サービスの向上等の広域化のメリットは見られるが、水道施設面での変化はない。

本節では水道施設面での広域化がどの程度可能であるかに焦点を絞って検討してきた。その結果、近畿圏のような広範な地域では地理的にみても平坦なところや、山間部を有する険しいところ、また、人口の密度も大幅に異なり、市町村毎、地域毎に種々の特性があることが判った。そのような特性を考慮に入れて広域化の分析をしたところ、連絡管を敷設して著しく効果のあるところと、地理的条件、経済性等の観点から必ずしも敷設が望ましくないところが存在することが判った。

一般的には水道広域化の最適規模はいかなるものか明確にされていない。従って、現在のところ、できるだけ広範囲が望ましいということに傾きがちであるが、本節の考察によると、近畿圏のような大都市を抱えている地域においてもおのずと広域化の望ましい範囲が限定されていることが判った。すなわち、連絡管敷設の観点からすれば広域化は近畿圏全域に一本化して広げるのではなく、現在、水道用水供給事業の給水対象となっている市



町村を中心に一部の市町村を加えて実施することがより効果的であることが判った。

#### 4-4 まとめ

第4章では、近畿圏を事例にして水道の広域化の範囲等を地理的、経済的な条件のもとではどの程度に設定すべきか広域化の限界について分析を行った。市町村の水道の結合可能性評価では、近畿圏の326市町村の水道を順次結合拡大していった場合、水道料金、普及率、配水池容量等5要素がどのように変化するか分析した。その結果全般的にみて、9回の統合のうち3～4回目位までで平均化の方向からいえばその効果が大きく、その後は均一化の方向に進むにしても、数値の幅はそれほど大きくないことが判った。

これを市町村毎に水道料金、稼働率、配水池容量、配水管容量についてみると、この4要素に共通して相互利益を受ける地域は淀川流域と兵庫県南部に集中している。また、水道料金、稼働率の個々についても、相互に同程度の利益を受ける地域が淀川流域、兵庫県南部等を中心に都市域に掌中していることが判る。

連絡管結合による市町村水道の効果分析では、大阪市、京都市等大都市水道の周辺では結合により大きな影響を受けること、このような傾向は大都市及びその周辺のみならず、圏内の規模のあまり大きくない市町村間でもその地域で中心的な役割を果たす市町村があることが判る。

相互融通量からみた市町村の結合の結果では、地理的条件を考慮に入れてポンプ揚程のもとに市町村間の連絡管敷設の可能性を分析した。その結果、一方が自然流下、他方がポンプ揚程50m以内の市町村で結合可能な地域は近畿圏でも比較的少なく、限定されること、ポンプ揚程を100m以内に広げると、圏内のほとんどの市町村が結合可能に該当することが判った。

経済性からみた市町村の結合の可能性では、地理的条件等に連絡管敷設の建設費、維持管理費等を加味して分析した。相互融通可能量 $1\text{ m}^3$ /日当り建設費でみると、ポンプ揚程50m以下、100m以下いずれの場合も一人当りの通水量が大きいほど建設費は割安になっており、また、地域的にみると、大阪、京都、神戸といった大都市及びその周辺が割安になっている。

一方、これを一ヶ所当りの建設費でみると、相互融通量が大きい程建設費が高くなっており、また、ポンプの揚程では、50mに比べて100mの方がその対象範囲が広がっている。

次に維持管理費の面からみると、 $1\text{ m}^3$ 当りの年間維持管理費の算定では、 $1001$ /日より $2001$ /日の相互融通可能量の方が割安になっている市町村が多いこと、山間部の市町村よりも淀川周辺、兵庫県南部等の都市部の方が割安であることが判る。

また、水道用水供給事業を中心とした市町村の結合の効果では、相互に水量的利益を受ける市町村は山間部に片寄っていること、結合の効果が高いのは現存する水道用水供給事業の周辺部の一部のみにみられることが判った。

## 第5章 富山県の水道における広域化計画の事例

水道の広域化のメリットとして水道料金格差是正がある。これは第1章において全国の広域水道のアンケートを分析した際も広域化実施直前の問題点ないしは今後の課題としてもあげられたものである。水道の安定化を論ずるにあたり、狭義の安定化と広義の安定化が考えられることは既に述べた。水道料金の格差是正は狭義の安定化というよりもむしろ広義の安定化につながるものである。すなわち、水道事業体がここに独立採算制でもって経営を行っている限り、その水道の地理的条件、規模、歴史等の相違により水道の給水原価に差が生じることはやむを得ない成り行きである。これが水道料金の格差となって表れてくる。しかしながら、一方では同じ水質の水を利用していながら、隣町と水道料金に格差が生ずることは、特に生活用水等日常使用する水については住民感情としても問題となるところである。このような課題は水道施設の整備により安定的な水を供給するという工学的な課題に加えて社会観念的な要素を含んでいる。単に水道料金を平準化するのであれば水道施設はそのままにしておいて経営を一体化すれば目的は達成する訳であるが、広域化により水道料金の格差を是正するということは施設の合理的な建設等による給水原価の低減化も含んだ格差是正を検討することになる。そこに単なる統合と広域化の差が表れていると考える。ここでは、富山県を事例として取り上げ、富山県における水道の広域化の方向を想定し、その方向で広域化を進めて給水原価はどのように変化するか、給水原価の平準化を中心に分析を行った<sup>1)</sup>。

### 5-1 富山県の広域水道の実態

富山県には、県営西部、県営熊野川、企業団営砺波の3つの水道用水供給事業と企業団営射水の水道事業合計4つの広域水道がある。

#### (1) 県営西部水道用水供給事業<sup>2)</sup>

西部水道用水供給事業は和田川水道用水供給事業と子撫川水道用水供給事業を統合し、従来の水源に新たに境川ダムを加え、昭和49年4月から発足した。和田川水道用水供給事業は、県の和田川統合開発にあわせて昭和37年に創設され、42年に一部変更を行った。この事業は、目標年次の昭和55年に高岡市と射水上水道企業団に1日7万5千立方メートルの水を供給する計画であった。

子撫川水道用水供給事業は、小矢部川の支川子撫川の子撫川ダムを水源として、昭和4

8年4月発足した。目標年次を昭和70年におき、高岡市、小矢部市に合計1日6万立方メートルの水を供給する計画であった。西部水道用水供給事業は、従来の和田川、子撫川の水道用水供給事業の供給先に、新たに氷見市、福岡町を加え、昭和70年に1日25万立方メートルの水をこれら西部の地域に供給する計画である。

## (2) 県営熊野川水道用水供給事業<sup>3)</sup>

熊野川水道用水供給事業は、神通川水系熊野川に建設される熊野川ダムを水源として、昭和67年度を目標に富山市他4町に1日10万立方メートル給水することで、昭和49年度に発足した。これは、いわば富山県の中央部の市町を対象にした水道用水供給事業である。

## (3) 砺波広域上水道企業団水道用水供給事業<sup>4) 5)</sup>

砺波広域上水道企業団水道用水供給事業は、地元地域の庄川合口の農業用水を一部上水道に転換するという地域性も働いて、企業団方式の水道用水供給事業として昭和48年5月発足した。この事業の問題点は、全くの新設事業であるところから各市町村への給水単価が相当高くつくことと、その結果、同じ庄川水系で取水する西部水道用水供給事業の給水単価との間に大幅な格差が生ずることである。また、西部水道用水供給事業の水源となる境川ダムは庄川の支川に建設するもので、庄川を水源とする県の西部の地域で、上流は企業団方式、下流は県営方式の水道用水供給事業が設けられており、供給水の相互融通、浄水場の共同設置、事業の統合など今後に残された問題は多い。

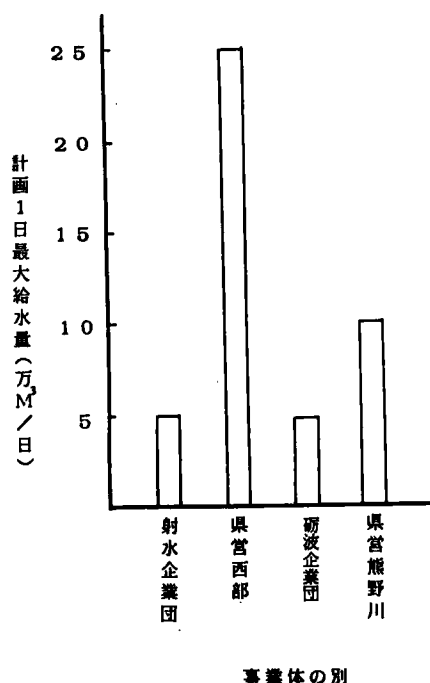


図5. 1 広域水道の計画1日最大給水量

#### (4) 射水上水道企業団水道事業<sup>6) 7)</sup>

射水郷地域は、富山県の北西部庄川の右岸に位置し、新湊市を中心にして小杉町、大門町、大島町、下村と、比較的コンパクトにまとまっている。しかも富山新港をかかえ、地域内には大企業の進出、大閣山団地の造成など産業の発展と住環境の向上により水道水の需要は著しい。

従来、本地域は、4地区に分かれて地下水を水源とした水道事業を経営してきた。しかしながら、地下水位の低下に端を発して水道の広域化が論議され、昭和47年4月射水上水道企業団としてスタートを切った。この事業は、富山県で最初の市町村行政区域を越えた水道の統合である。なお、富山県の広域水道について計画1日最大給水量は図5. 1のとおりである。

### 5-2 富山県における水道事業の統合と連絡管の整備

#### (1) 水道事業の統合

水道広域化の本来の姿は、水道事業の広域化である。しかし、2市長村以上を対象にした水道事業となると、富山県では射水上水道企業団が存在するにすぎない。また、一つの市町村の中でも、平野部で近接していながら、上水道と幾つもの簡易水道が設けられている例もみられる。以前、富山市は上水道の他に幾つかの簡易水道を設け、上水道の拡張工事に伴ってこれらを順次統合し、現在では市の行政区域が上水道の給水区域として統一化されている。他の市町村でも、富山市の辿った水道統合の道を歩みつつあり、例えば、魚津市、福光町、八尾町などでは上水道と簡易水道が併設されている。

また、黒部市や福野町等では市街地の中心部に幾つもの組合営の簡易水道が設けられている。昭和30年代に地下水が豊富であったこともあって、市の中心部に居住する有志の人々が何軒か集まって私営の簡易水道を建設し、これが今日まで残ってきた。しかしながら、最近では地下水の汲み上げ量が増えたり、井戸を近くに掘って、お互いの井戸が干渉しあったりして地区全体を対象にした水道建設の必要性がでてきている。現に福光町は昭和49年度から市街地の6つの組合営水道を統合して2町営の簡易水道の建設にかかっている<sup>8)</sup>。

このように、水道事業の統合にも小さいものから大規模なものまであり、大きく分けるとつぎの市町村のものと数市町村にまたがるものとしてできよう。

#### ① 市町村内の水道事業の統合

これは、私営の簡易水道の統合廃止や、公営の簡易水道を上水道に統合し、少なくとも

同一市町村内の平野部の水道は一本化するものである。私営の簡易水道は、富山県にはまだ61ヶ所あり、そのほとんどが平野部に設けられている。山間部の私営簡易水道は公営にするための建設費の10分の3を県費助成してきたこともあって、現在はほとんど姿を消した。平野部の場合は、比較的維持管理がしっかりしており、しかも地下水が豊富なことも影響してなかなか統合に踏み切れず、福野町の場合も県費を建設費の10分の1暫定的に助成することなどでやっと実現した。

また、公営、特に国費や県費を過去に助成して建設した簡易水道を統合する場合、県の財政援助もなく、地元の水道料金格差、地域エゴなどから統合の話はまとまりにくいものであった。

## ② 数市町村の水道事業の統合

これは、射水上水道企業団のような数市町村にまたがる水道事業を設けるものである。全国的にみると、愛知県と千葉県が企業団の設立を積極的に進めている。愛知県の場合は平野部の水道普及がほとんど完了して給水地域が隣りあわせになっているところが多く、しかも県営水道から用水を受ける率が高いこともあって、企業団の設立が順調である。勿論、統合のため県費を導入するなど、水道行政の積極的姿勢があってこそその話である。千葉県では、房総半島九十九里浜地域での企業団水道事業の設立が急である。この地域では、企業団経営の水道用水供給事業から企業団営の水道事業が用水の供給を受けるということになっている。

さて、富山県には、現在、上水道が16ヶ所あり、富山市、福岡町、射水上水道企業団の他はすべて規模が小さい。しかも地形的に平坦である。そこで、水系的、社会的な条件等を考慮して統合の方向にもっていこうというものである。愛知県のように順調にゆくかどうか検討してみよう。愛知県の平野部はほとんど水道が普及しているのに対し<sup>9)</sup>、富山県では、まだ、簡易水道を建設しているところがある。広域水道として統合すると簡易水道の建設はできなくなるというように、現在制度では、水道の広域化と簡易水道建設は矛盾する面をもっている。とすれば、市町村毎の水道として、まず、水道の普及を進め、その後、統合を進めるという手順になろう。勿論、簡易水道の対象とならない地域でしかも地元市町村の同意が得られれば未普及地域をかかえていても水道の統合は可能である。

## (2) 市町村間災害緊急連絡管の整備

給水区域が広がってくると、隣の市町村の給水区域と接してくるが、行政区域が異なるということで、道路を隔てたり、また、同じ幹線道路でも市町村の境界付近で排水管がお互いに管末になっている例は多い。突発的に配水管が破裂するような断水事故が起こって

も、隣の市町村から直ちに応援給水するわけにはいかない。

この災害緊急連絡管は、このような断水事故時等に隣の水道から応援給水できるように隣接する水道の配水管を連絡しておくものである。こうしておけば、住民に対する給水サービスにもつながるし、水道水の広域的利用の面からすると、施設の広域化していることにもなり、将来、その施設が一つの水道として統合されるときに足掛りになる。

市町村間の連絡管整備は、大都市で大きな効果を発揮すると思うが、富山県のように平野部で水道の給水区域が細分化されているところでも必要である。昭和49年に、氷見市の水道の導水管が破裂し、1日市内全戸断水という事故があったりしたので、このような折り、せめて一部でも応援給水できればということで、県では昭和50年度から県費を助成して連絡管の整備を進めることになった。なお、連絡管は、常時水道水を通過させることは、現行の水道法上許されないので、通常はバルブを締めておいて、いわゆる緊急時に使用することになる。

### 5-3 富山県の水道広域化の方向<sup>10) 11) 12) 13)</sup>

#### (1) 地域割と水道広域化の方向

地形や現在の水道用水供給事業の設置状況等から富山県を表5.1に示すような5つの地区に区分した。なお、その地区割を地図で示すと図5.2のようになる。水道広域化の方向としては図5.3のような統合計画を立て、最終的には全県一本の広域水道の実現を想定した。

表5.1 水道広域化の地区割

| 地 区              |     | 市町村又は水道事業名                                |
|------------------|-----|---|
| 西<br>部<br>地<br>区 | 西 部 | 高岡市、射水企業団（新橋市、小杉町、大門町、大島町、下村）氷見市、小矢部市、福岡町 |
|                  | 福 波 | 福波市、正川町、井波町、福野町、福光町、城端町、井口村、〔平村、上平村、利賀村〕  |
| 東<br>部<br>地<br>区 | 富 山 | 富山市、大沢野町、大山村、八尾町、婦中町、〔細入村、山田村〕            |
|                  | 中新川 | 滑川市、立山町、上川町、舟橋村                           |
|                  | 下新川 | 魚津市、黒部市、宇奈月町、入富町、朝日町                      |

注) ( ) 内の村は水道広域化計画に含まれていない。

#### (2) 目標年次

目標年次は、昭和70年度とし、建設工事費等は、主に昭和50年度から算定した。また、水道の建設計画は、第1次、第2次に分けて事業費を算定した。目標年次は昭和70年度としたのは、現在の西部水道用水供給事業の目標年次が昭和70年熊野川水道用水供給事業の場合が昭和57年と、県内の水道の目標年次が比較的長期に渡っていることと、水道の広域化という観点から、少なくとも20

年後の姿を描くべきだということによる。

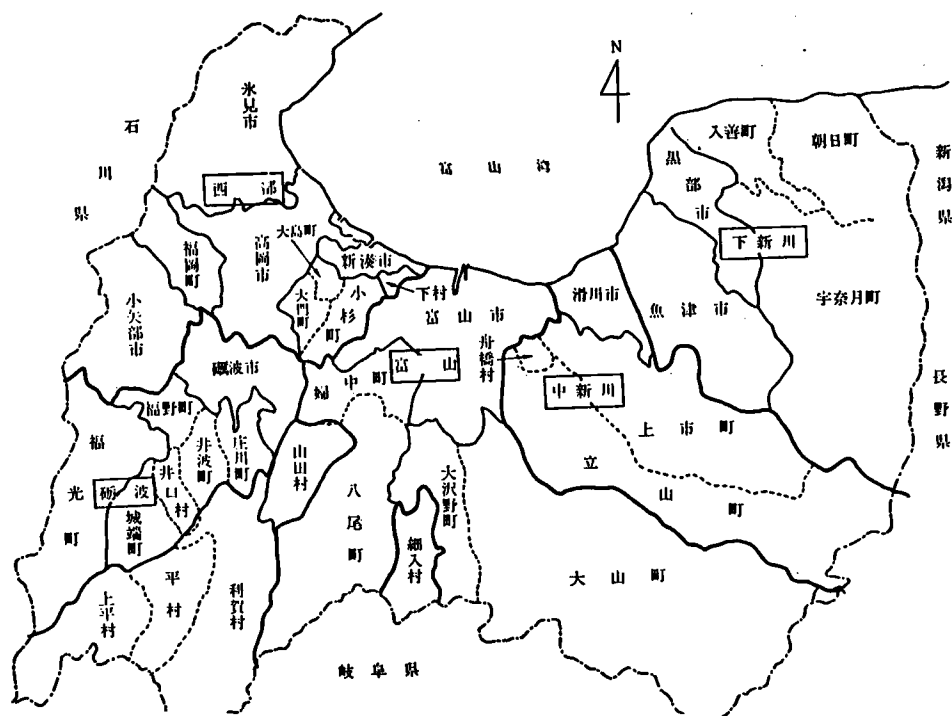


図5. 2 水道広域化の地区割

### (3) 人口の推定

富山県の人口の推移は図5. 4のとおりとした。この図で昭和48年度実績値であり、昭和50、60年度は「住みよい富山県をつくる統合計画」（昭和48年策定）に用いられている数値である。また、昭和65、70、75年の数値は、昭和60年までの傾向を伸ばしたものである。過去20年間の富山県の人口100万人前後で若干増加気味で推移してきたことからすると、昭和70年に136万人という数値は昭和48年の1.28倍となり、大きな数値といえよう。

地域毎の人口の分布は、昭和70年で東地区55%、西地区45%で、その比率は昭和48年の場合とほとんど変わっていない。ただ、東地区では、新川地区が、西地区では砺波地区より西部地区の比率が昭和48年の場合より大きくなっている。平野部の人口は、行政区域内人口から各市町村から提出された山間部人口を差し引いて算出した。図5. 5によると、富山県人口106万人のうち、95.4%に当たる102万人が平野部に居住して



いる。平野部には未だ水道が敷設されていない地域も含まれており、将来は広域水道の建設が可能なので、全県の大部分の人々が広域水道を利用することになろう。

また、山間部には4.9万人が居住しており、そのうち水道のある所は水道を敷設する必要がないが、県民皆水道の対象地域として水道の普及を進めなければならない。

#### (4) 給水人口と給水量

##### ① 水道普及率と給水人口

水道の普及率は、昭和60年度90～100%、昭和70年度には全県100%とし、これに至るまでの途中経過は各市町村の過去の実績を基礎にしてトレンドとして定めた。また、富山県が山村を多くかかえていることもあって普及率には給水人口100人以下、50人以下という小規模水道も含めて算出した。

##### ② 給水量

1人1日最大給水量は各市町村の過去の実績をもとに定めたもので、図5.6のとおり全県の上水道で昭和60年580リットル、70年に700リットルとしている。これは昭和48年度の実績値432リットルに比べると、昭和60年、70年はそれぞれ1.4倍、1.6倍となっている。その結果、1日最大給水量は、昭和60年に64.5万立方メートル、70年には92万立方メートル必要となる。

##### ③ 水道用水供給事業からの受水量

将来の需要水量に対して、各市町村の自己水源は、地下水位の低下を考慮して毎年漸減するものとし、昭和70年には、一部を除き、地下水による自己水源はなくなるものと仮定した。また、需要水量の増加と自己水源の減少により不足する水量は、河川表流水を水源として水道用水供給事業から給水するものとした。その結果は、図5.7のとおりである。

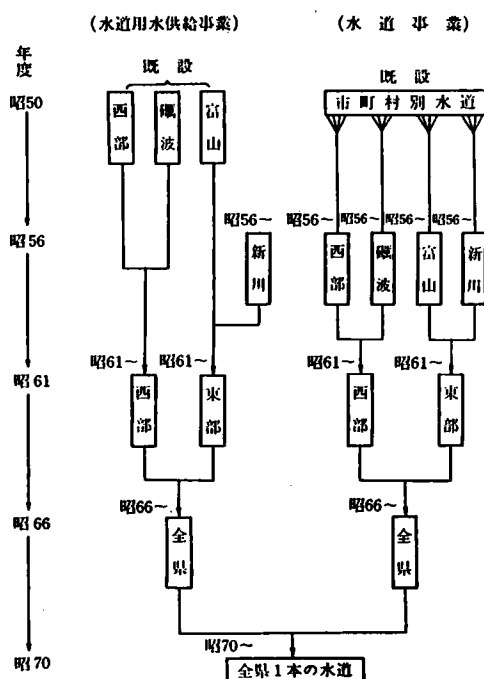


図5.3 水道広域化計画

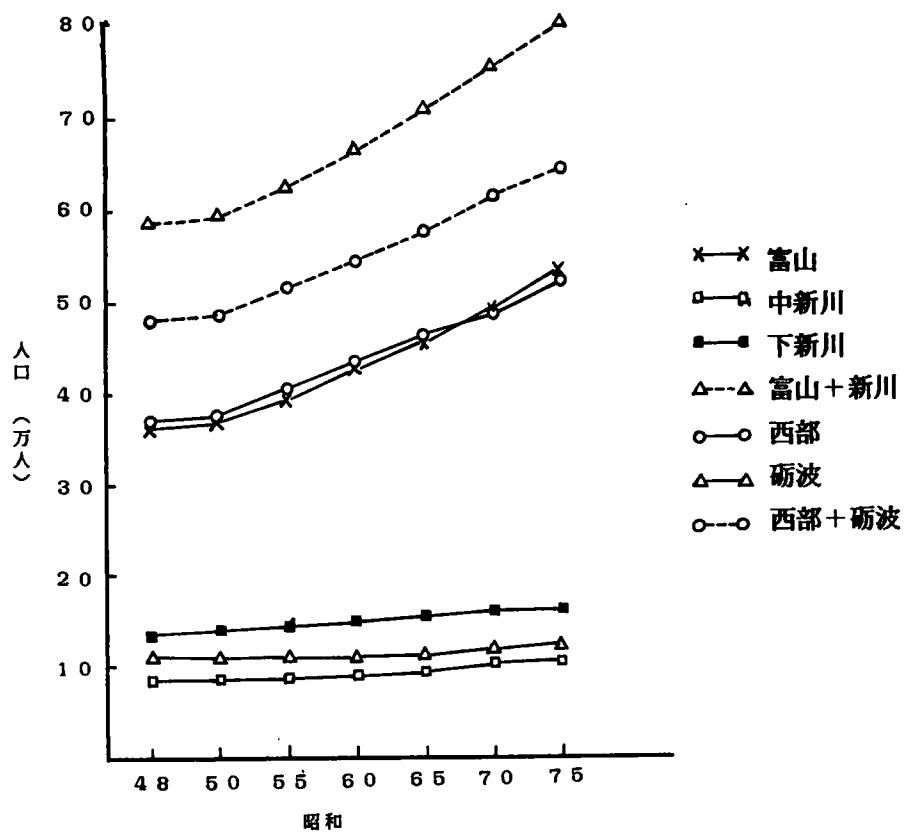


図5.4 人口の推定

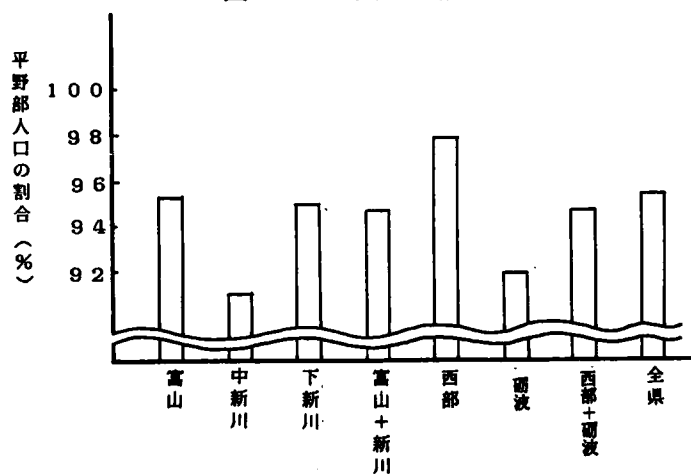
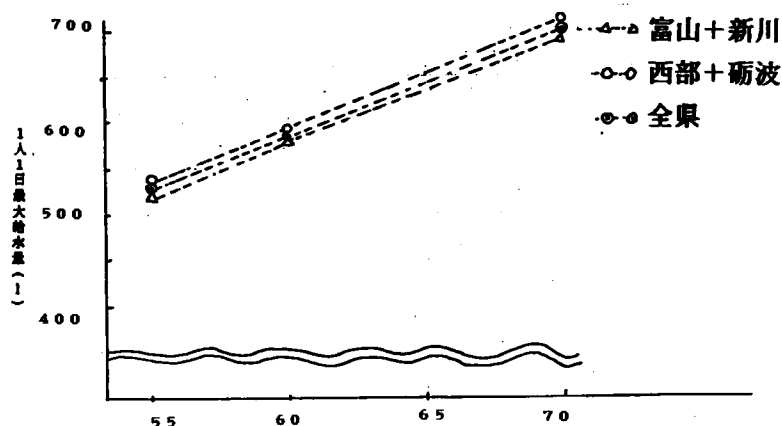
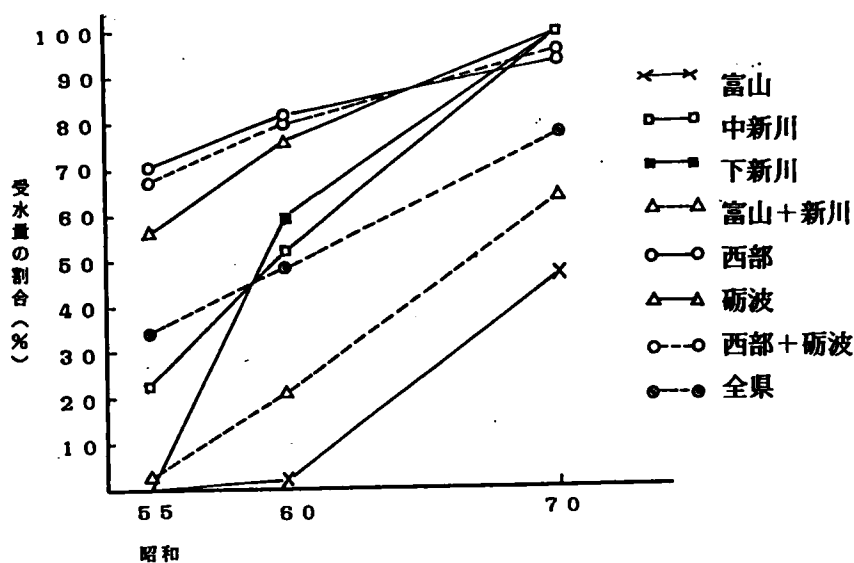


図5.5 平野部人口の割合



昭和  
図5.6 1人1日最大給水量の推移



昭和  
図5.7 水道用水供給事業からの受水量の割合  
(対：全給水量)

水道用水供給事業からの受水量は年々増加し、昭和60年度1日31万立方メートル、70年度には72万立方メートルとなる。

#### (5) 水道の建設計画

将来の需要水量の推定値に基づいて、不足水量を賄うための水道の建設計画をたてた。水道用水供給事業は、西部、砺波、富山、新川の4ブロック毎に水道事業はこの4ブロッ

クの水道用水供給事業から受水して、各市町村および射水上水道企業団がそれぞれ建設、経営する計画とした。

従って、計画は各市町村毎の水道事業、ブロック毎の水道用水供給事業を積み上げたもので、その精度は認可設計の前後の基本計画程度のものとした。建設計画の内容は、水道事業は不足水量を水道用水供給事業からの受水によって賄うことになっているので、配水池と配水管すなわち配水施設にウェイトを置いたものとした。水道用水供給事業は、現在水道水源として利用ないしは計画している水源に加えて新たな水源を開発するものとして計画した。この計画における水道用水供給事業の水源計画、計画給水量、目標年次等は、図5. 8のとおりである。

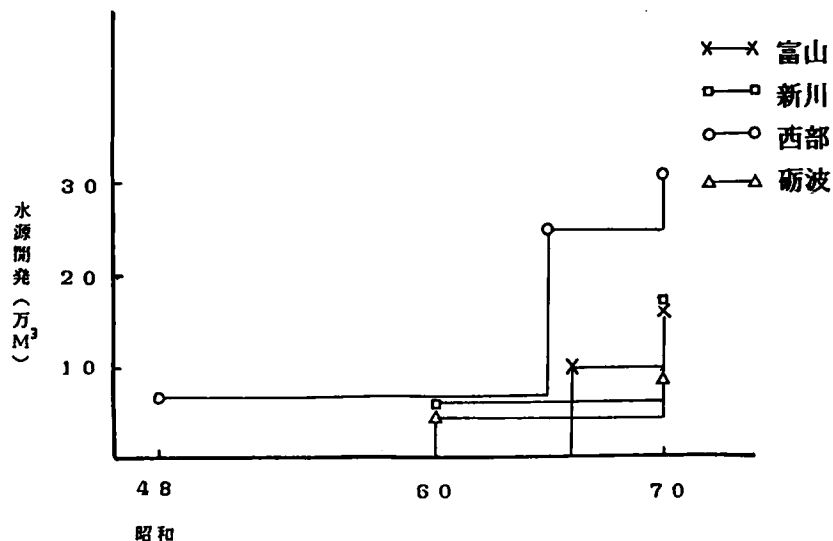


図5. 8 水道用水供給事業による水源計画（累積）

#### (6) 建設事業費

昭和7年の需要水量を賄うための昭和50年度以降の水道建設事業費は、水道用水供給事業680億円、水道事業853億円、合計1,533億円になる。水道施設の設計は水道施設基準に準拠して行い、建設費の概算は昭和49年度資材単価および労務賃金によって積算した。

##### ①水道用水供給事業

水道用水供給事業の建設事業費は、第一次建設事業費373億円、第二次建設事業費307億円、合計680億円となる。なお、各地区毎の建設事業費は、図5.9のとおりとした。

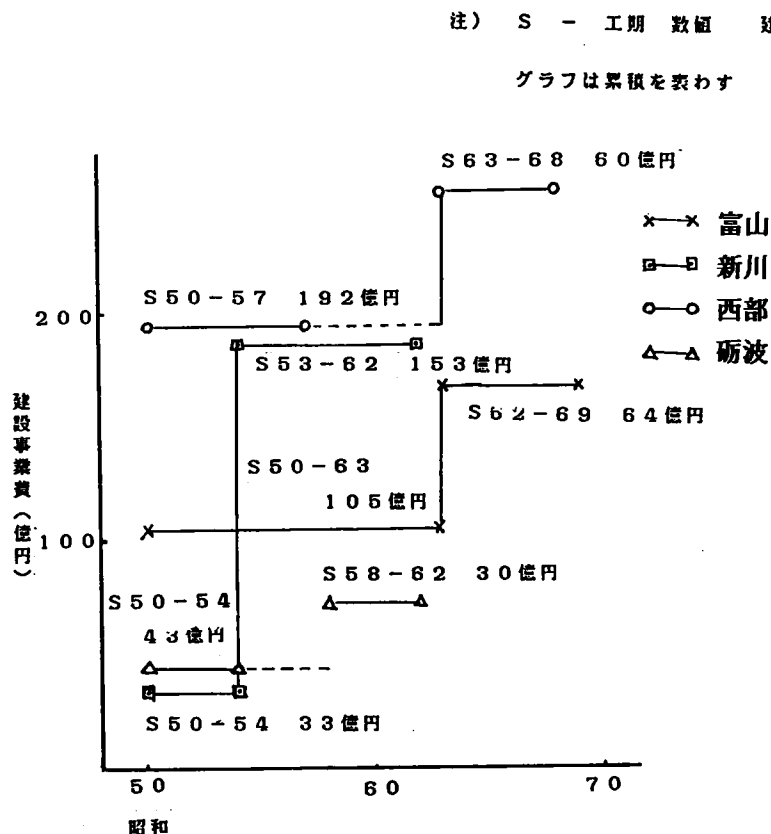


図5.9 水道用水供給事業の建設事業費  
(水源増強にみあった建設事業費)

## ②水道事業

水道事業の建設事業費は図5.10であり、第一次建設事業費476億円(49年度を除く)、第二次建設事業費377億円、合計853億円となる。また、水道建設の年次計画は昭和50年度以降20ヶ年間の平均建設費は77億円である。

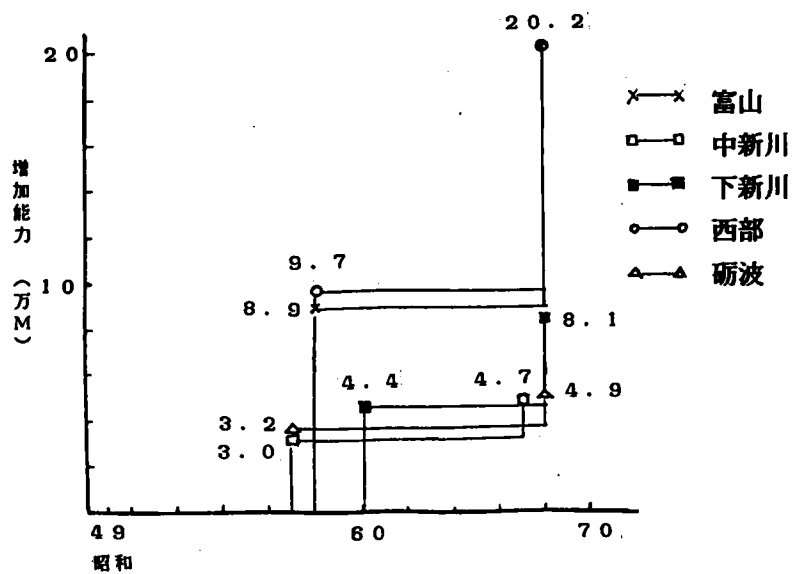


図5.10 水道事業による施設増強計画（累積）

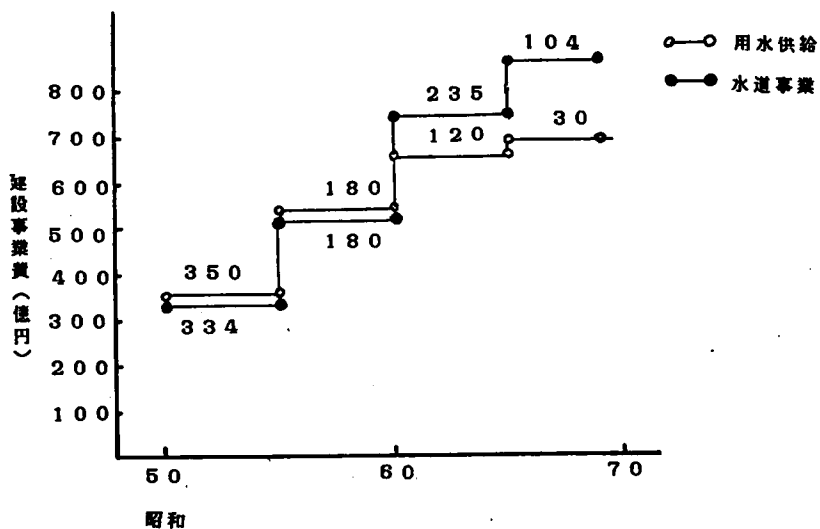


図5.11 水道建設事業費の年次計画（累積）

注）数値は、その期間における建設事業費

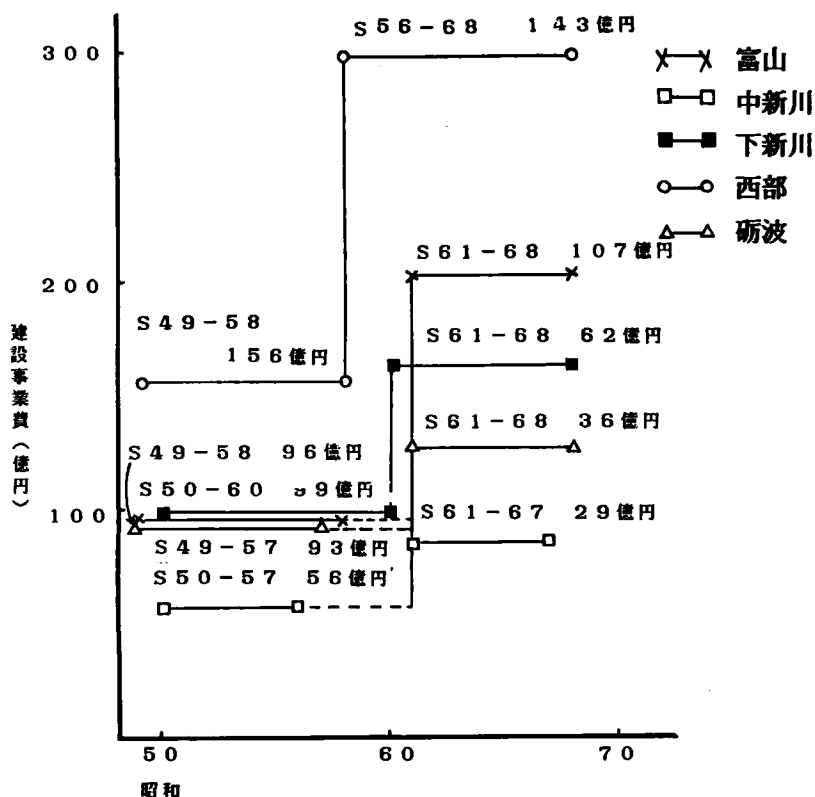


図5. 12 水道事業の建設事業費  
 (施設増強にみあった建設事業費)  
 注) s 工期 数値 建設事業費  
 グラフは累積を表す

#### (7) 給水原価の算定

既存の水道施設および今後の水道建設計画をもとに、水道用水供給事業、水道事業の給水原価を算定した。なお、給水原価は、人件費、労力費、原価償却費等を一定の条件のもとで算定した。有収水料1立方メートル当りの総括原価の年次推移を5ヶ年毎にみると図5. 13～図5. 18のようになる。この図をもとにして、また総括原価算定表をもとに各水道毎にその状況を調べる。

## ①水道用水供給事業

水道用水供給事業の給水原価（以下総括原価をもって給水原価とする）の推移は図5.13のようになる。給水原価は、各地区とも年次が進むにつれて安くなっており、これは供給給水量が増加することがその原因の1つであろう。各年次では、給水原価は富山、新川、砺波、西部の順に安く、昭和66～70年にはその格差が縮まる傾向にある。

また、地区毎にその状況を眺めてみよう。

### （イ）西部地区

西部水道用水供給事業（以下西部とし、砺波、富山等についても水道用水供給事業を省略する）の昭和51～70年の給水原価は1立方メートル当り、42.36円、砺波は65.44円である。この両者を統合した場合、昭和61～70年の西部39.58円、砺波57.22円の原価が42.59円となり、統合により砺波は大幅に安くなり、西部は若干高くなる。

### （ロ）東地区

富山の昭和61～70年の原価は、61.55円、新川の昭和51～70年の原価は78.63円となる。両者を統合した場合、昭和61～70年の原価は富山61.55円、新川60.91円が60.52円となり、ほとんど変化がない。

## ②水道事業

西部、砺波、富山、新川の4つの水道用水供給事業が設立され、各水道事業はここから受水するものとして、給水原価を算定した。

### （イ）西部地区

西部地区の給水原価の年次推移は図5.14のとおりで、射水、高岡市は各年次を通じ

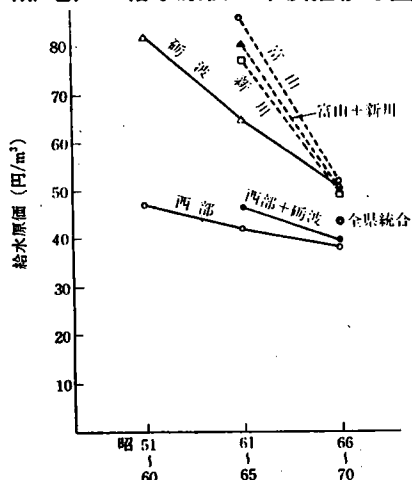


図5.13 水道用水供給事業の給水原価

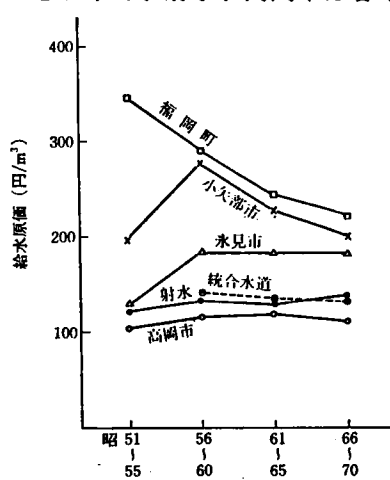


図5.14 水道事業の給水原価  
- その1 - (西部地区)



てほぼ横ばいである。米見市と小矢部市は、子撫系の受水により51～60年にかけて原価が上昇するが、その後は減少ないしは一定値で推移する。福岡町は当初高いものにつくが、だんだん安くなっている。

#### (ロ) 砺波地区

砺波地区は、図5. 15に示すとおり、年次が進むにつれて、井口村以外はいずれの市町村も200円前後に落ち着く。統合した場合、昭和56～60年で221円、昭和61～70年では198円になる。

#### (ハ) 富山地区

富山地区は、図5. 16の通り、いずれの市町も上昇傾向にあり、富山市以外の5町は同じ程度の料金水準で推移する。統合した場合、昭和5～60年で61円、61～70年では86円になる。

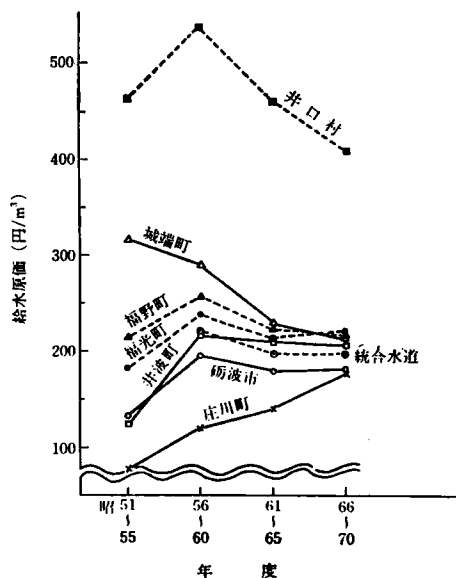


図5. 15 水道事業の給水原価  
—その2— (砺波地区)

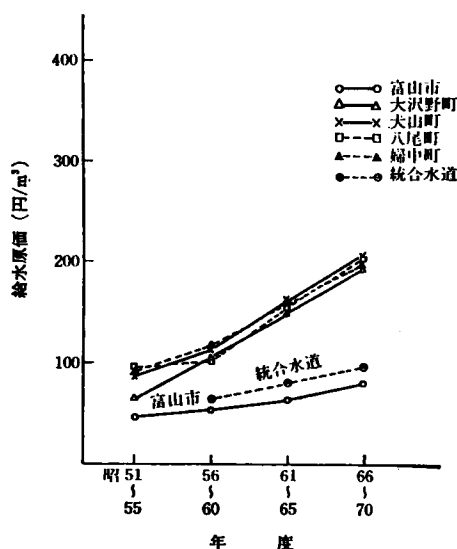


図5. 16 水道事業の給水原価  
—その3— (富山地区)

#### (ニ) 新川地区

新川地区は、上昇傾向にあり、年次が進むにつれて、料金の格差が広がる傾向がうかがえる。統合した場合昭和56～60年で171円、昭和61～70年で212円になる。図5. 17に示す。

#### (ホ) 西部と砺波の統合

西部と砺波の水道を統合した場合、昭和61～70年の給水原価は、西部132円、砺波198円のもの143円になる。その年次推移は、図5.18に示す。

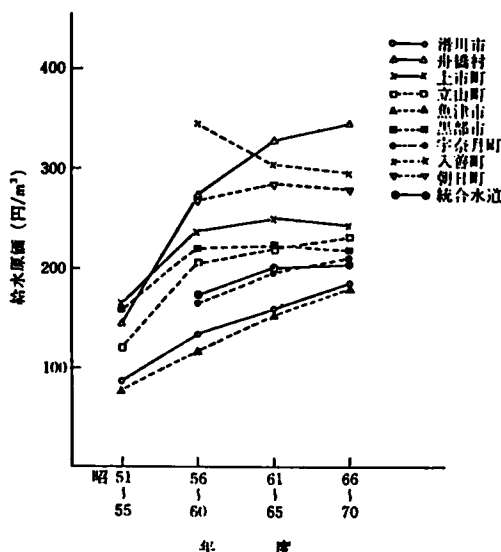


図5.17 水道事業の給水原価  
—その4— (新川地区)

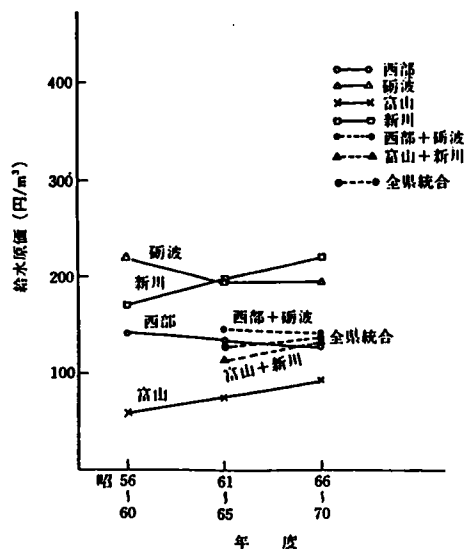


図 5.18 水道事業の給水原価  
—その5— (統合水道)

#### (ヘ) 富山と新川の統合

富山と新川の水道を統合した場合、昭和61～70年の給水原価は、富山85円、新川212円が125円になる。

#### (ト) 全県水道統合

全県の水道を統合した場合、昭和66～70年の給水原価は、西部130円、砺波199円、富山95円、新川221円が137円になる。

#### (8) 給水原価の格差

以上の給水原価の算定結果をもとに、地区別の給水原価の格差の状況をまとめたのが図5.19である。ここでは、図の注のところに述べているとおり、水道事業体毎には、一番安いところと一番高いところの格差、統合した場合は、統合水道の給水原価が統合前の一番安いところの何倍になるかみた。

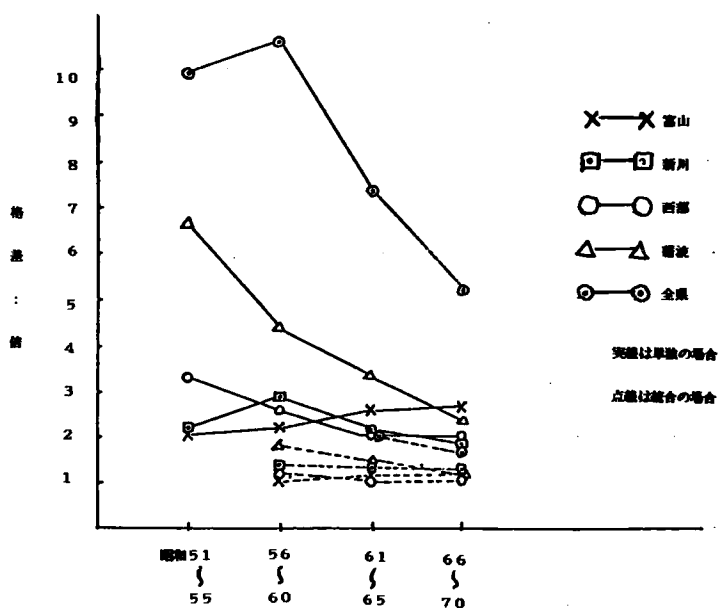


図5. 19 給水原価の格差

- 注) 1. 単独とは、現行の市町村毎の水道事業の場合をいい、統合とは、これらを統合した場合をいう。
2. 単独の格差は、同一地区のうち一番高い水道事業の給水原価を一番安い水道事業の給水原価で除したものをいう。
3. 統合の格差は、統合による給水原価を単独の場合の一番安い水道事業の給水原価で除したものをいう。

まず、市町村毎の水道についてみよう。富山、新川地区は、2～3倍で推移している。とくに、富山地区は年次が進むにつれて格差が広がる傾向にある。これは、富山市の給水原価があまり上昇しないにもかかわらず、その他の町は上昇していることによる。

西部地区は、昭和51～55年の3.36倍から年次が進むにつれて格差は徐々に縮ま

る傾向にある。砺波地区は、昭和51～55年で6.71倍の格差があり、その後縮まる傾向にあるが、66～70年においても依然として2.31倍の格差がみられる。これを全県を対象にしてみると、昭和1～60年の間は10倍前後の格差がみられ、66～70年に至っても5倍を越えている。また、各地区毎に水道を統合した場合、統合前給水原価が一番安い水道が統合によってどの程度の上昇率になるかを見ると、富山地区は1.18～1.20倍、新川地区は1.46～1.21倍、西部は1.22～1.15倍、砺波は1.18～1.13倍で推移することが判る。すなわち、富山、新川、西部では、安い給水原価を2割程度アップさせることによって、2～3倍の格差のあった水道給水原価を平準化することができる。

また、これを全県的にみると、7～5倍もある格差を是正するには、給水原価の安いものを2～1.7倍に上昇させねばならないことが判る。つぎに、現行の市町村毎の水道事業を将来ともこのまま続けてゆくとした場合の給水原価のバラツキの状況を図5.20、図5.21に示す。図5.20は、昭和51～55年度の状況であり、有収水量の多い水道事業が必ずしも給水原価が安いとはいえない。これは、給水原価の現状のところでも述べたように、規模の小さい水道で地下水を水源としているところが原価が安いという傾向がまだ続いていると考える。ただ、規模毎の上限値をみると、規模が大きい程原価は安くなるといえよう。

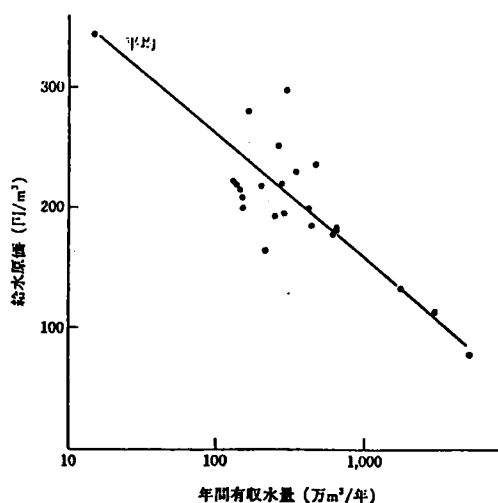
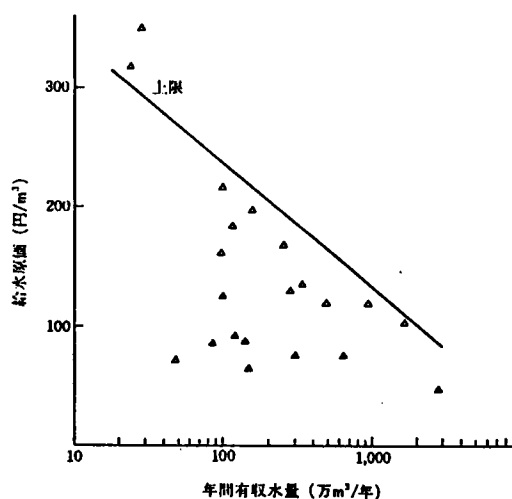


図5.20 年間有収水量と給水原価 図5.21 年間有収水量と給水原価  
—その1— (昭和51～55年度) —その2— (昭和66～70年度)

図5. 21は15年後の姿である。この図では、給水原価と年間有収水量との関係が、片対数グラフではほぼ直線上にあることが判る。すなわち、規模の小さい水道は、大きいものに比べて明らかに割高になるといえよう。

図5. 22は、統合水道事業の給水原価と年間有収水量との関係を年次推移を考えて比較したものである。統合水道の場合は、原価の安いものと高いものをプールする結果、平均化されて、当然のことながら図のように収束し、全県統合すると、昭和61年以降1立方メートル当たり130円前後に落ち着くことが判る。

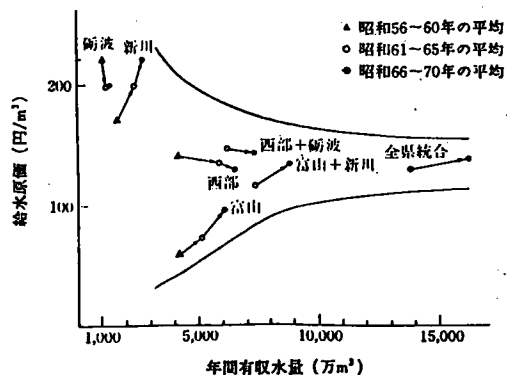


図5. 22 統合水道事業の給水原価

#### 5-4 まとめ

第5章では、富山県の水道における広域化計画の事例を取り上げた。まず、富山県の広域水道の実態を紹介し、つぎに、富山県における水道事業と連絡管の整備について考察した。

水道事業の統合では、富山県内の具体的な市町村を対象として市町村内の水道事業の統合、数市町村の水道事業の統合について述べるとともに市町村間災害緊急連絡管の整備の必要性を取り上げた。

富山県の水道広域化の方向では、全県を数ブロックに分割し、順次統合していくという仮定のもとに、人口、給水人口、水道の建設単価、建設事業費、給水原価の算定等を行った。その場合、各ブロック毎にどのような格差があり、また、統合することによってどの程度の平準化が行われるか分析した。

給水原価の格差是正を中心に考察したものであり、各ブロック毎の水道経営では依然としてブロック間に格差が生じるが、順次統合することにより、平準化の方向に進むことが判った。しかしながら、本章における分析はあくまでも水道事業の統合再編成といういわば経営面での一体化を中心としており、水道技術面での統合の可能性、困難性等については論述しておらず、これらについては第8章で詳しく取り上げている。

### 第Ⅲ編 連絡管効果のミクロ分析

## 第6章 広域配水管網の近似解法の開発

### 6-1 二次元管網流の近似解法の提言<sup>1) 2) 3) 4) 5)</sup>

#### 1) はじめに

配水管網を解析する方法は、ハーディクロス法が提唱されて以来、種々の改良が加えられて今日に至っている。一見して完成の域に達しつつある技術分野のようではあるが、実際管網を取り上げる場合に直面する問題は現実の管網の節点数、ループ数が計算機容量をはるかに越える場合が多いことである。この場合、実際の管網をいろいろの型でモデル化し、さらに計算機容量になじむように管網を区分した上で段階的に解くという近似法を採らざるをえない。それぞれの計算に当っての精度は極めて高いものではあるが、それらの結果を合成する過程で誤差を生む構造となっている。

一方、水道の諸問題が広域的に議論されることが多い現状にあって、例えば都市間に連絡管を新設することの効果や地震時等の管破損の影響を2都市以上の圏域にわたって検討する必要性などが高まっている。この場合、検討対象となる管網規模は計算機容量をはるかに越えるものとなる。

そこで、本文では現実の配管を極力正確に取り上げた上で、湖沼や海域の流れを解くいわゆる二次元流の数値計算法を活用することによって広域的な管網を段階的にでなく一括して解くことを検討した。

管網系を二次元流として解く方法については、管網系を間隔の変化する上下二板の平板間流れとして解く雄倉の方法<sup>6)</sup>が既に昭和50年に発表されている。ただ、その後この方法の有益性についてあまり検討が加えられていないので、筆者は今こそその重要性が高まっている時との認識のもとに、水理学的精度を高めるというよりはむしろ広域管網に関する有益な計画手法としてその実用性を改めて検討するものである。すなわちこの方法によって、地域的な管内流動性を総括的に表示しうるか否かを、数値計算法として具体化すること、さらに敷設管路に関する詳細な資料に欠ける地域についても、人口データだけから上記総括的流動特性を再現し得ないかなどを目的としながら本方法の実用化を主たる目的とするものである。

種々の検討の結果、対象地点を計算機容量を考慮して、例えば100m×100mなどのようにメッシュ区分し、各メッシュでの人口データを入力すればそこでの管網を近似的に再現し、全域を一括して解析することによって管内をいかに流動しているかを総括的に指摘できることを明らかにした。

## 2) 二次元解析法の特徴と解法

### (1) 本方法の特徴<sup>7)</sup>

本方法では図6. 1に示すようにまず対象地域全域を任意に格子区分する。以下格子区分をメッシュ区分、各格子をメッシュと呼び、メッシュ間の水の流れを図6. 2に示すように $x$ ,  $y$ 方向の二次元流で表示する。この相互のメッシュ間を結ぶ $x$ ,  $y$ 方向の流れはすべて管路によるので流路特性およびそこでの損失水頭はそこに存在する総管路によって表示される。最大の特徴は流れを支配する水頭が本方法では各メッシュ内で一定の平均水頭値として計算を進める点である。この点が既存の解析法と異なる。

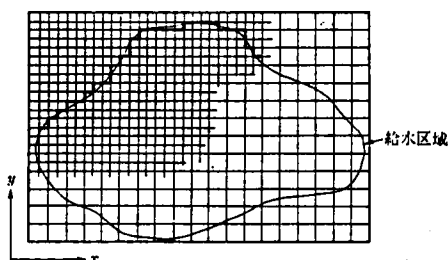


図6. 1 給水区域のメッシュ区分

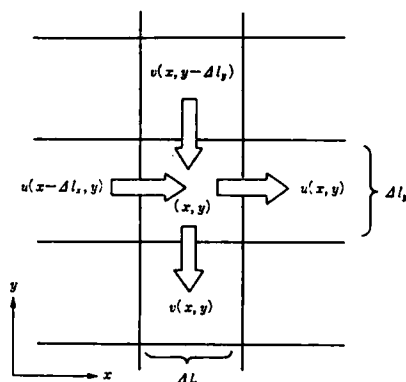


図6. 2 メッシュ間の水の流れ

### (2) 基礎式

メッシュ間の流れを支配する運動の式は他の二次元流の場合と同様に簡単には次式で表される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial u}{\partial y} = g \cdot \frac{\partial z}{\partial x} - g \cdot \frac{\partial h}{\partial x} - g \cdot h_{fx} / \Delta l_x$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial y} + u \cdot \frac{\partial v}{\partial x} = g \cdot \frac{\partial z}{\partial y} - g \cdot \frac{\partial h}{\partial y} - g \cdot \Delta h_{fy} / \Delta l_y, \quad \dots \dots \dots (1)$$

連続の式として次式がある。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = q \quad \dots \dots \dots (2)$$



ここで $h$ は各メッシュでの平均水頭、 $z$ は同じく平均地盤高さ、 $u$ 、 $v$ はそれぞれ $x$ 、 $y$ 方向流速、 $h_{fx}$ 、 $h_{fy}$ はそれぞれ $x$ 、 $y$ 方向の損失水頭、 $q$ は各メッシュでの管網からの流出入水量で（流入が正）、単位時間当り単位面積当りで表示される。さて各メッシュ間の流れはすべて管路による点から次式が採用される。

$$\begin{aligned} h_{fx} &= r_{xi} Q_{xi}^{1.85}, & r_{xi} &= 106.4 D_{xi}^{-4.87} L_{xi}, \\ Q_{xi} &= (\pi D_{xi}^2 / 4) \cdot u_i, \\ h_{fy} &= r_{yi} Q_{yi}^{1.85}, & r_{yi} &= 106.4 D_{yi}^{-4.87} L_{yi}, \\ Q_{yi} &= (\pi D_{yi}^2 / 4) \cdot v_i \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここでサフィックス $x$ 、 $y$ はそれぞれ $x$ 、 $y$ 方向成分を、サフィックス $i$ は口径 $D_i$ 、管長 $L_i$ の単一管路の成分を表す。従って、原則的には式（３）の関係を式（１）に活用し、 $z$ および $q$ が既知の場合、式（１）および式（２）の３式によって３個の未知数 $u$ 、 $v$ 、 $h$ を数値解析法によって解くことになる。

### （３） 解法

実際の解法に当っては、 $u$ 、 $v$ をつぎの関係を用いて、 $x$ 、 $y$ 方向のそれぞれの流量 $Q_x$ 、 $Q_y$ として表現し、かつ連続の式に以下に示すような $\partial h / \partial t$ 項を考慮すると便利である。すなわち、各メッシュ中央に平均水圧値を示す仮想のマノメータ（各計算ステップで一定断面積 $A_0$ ）を考慮することによって各計算ステップでの連続条件の成立をはかりつつそのマノメータ断面積 $A_0$ を限りなく小さくしてゆくことによって解の収束をはかる方法を採用のも一つの有効な方法である。

$$u = Q_x / \pi / 4 \cdot \sum_{i=1}^{i=n_x} (D_{xi}^2), \quad v = Q_y / \pi / 4 \cdot \sum_{i=1}^{i=n_y} (D_{yi}^2) \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここで、 $n_x$ 、 $n_y$ はそれぞれ $x$ 、 $y$ 方向の管路の本数を表す。

$$A_0 (\partial h / \partial t) + \partial Q_x / \partial x \cdot \Delta l_x + \partial Q_y / \partial y \cdot \Delta l_y = q \quad \dots \dots (5)$$

ここで $q$ は各メッシュでの単位時間当りの総流出入水量を表す。

### （４） 簡便法

各メッシュでの $\Delta l_x = \Delta l_y = \Delta l$ と等しくとり、 $\Delta l$ を比較的大きい値とすると、式(1)における左辺を微小量として無視できるので、式(3)の関係を式(1)に代入式を運動の式とする簡便法もある。

$$r_{xi} Q_{xi}^{1.85} = \partial / \partial x \cdot (z - h) \cdot \Delta l \quad i = 1, 2, \dots, n_x$$

$$r_{yi} Q_{yi}^{1.85} = \partial / \partial y \cdot (z - h) \cdot \Delta l \quad i = 1, 2, \dots, n_y \dots (6)$$

ただし、 $Q_x = \sum_{i=1}^{i=n_x} Q_{xi}$ ,  $Q_y = \sum_{i=1}^{i=n_y} Q_{yi}$   
式(5)はつぎのように表示すればよい。

$$\Delta h = \Delta t / A_0 \cdot (q^- - \partial Q_x / \partial x \cdot \Delta l - \partial Q_y / \partial y \cdot \Delta l) \dots (7)$$

すなわち、各メッシュでの $q^-$ 、 $z$ および $x$ 、 $y$ 方向の管径 $D_i$ 、管長 $L_i$ の管本数 $n_x$ 、 $n_y$ が既知のとき、初期値として任意の $h$ を仮定した後式(6)で $Q_x$ 、 $Q_y$ を求め、式(7)で $\Delta h$ を算出し、この $\Delta h$ で仮定値を補正する。 $\Delta h$ が無視しうるほど小さい値となるまでこの計算を繰り返せばよい。

## (5) 数値計算例

図6.3(a)は数値計算の1例である。図6.3(c)に解を対比してあるが、ここでハーディクロス法による初期仮定値を $Q_0$ 値として、くり返し計算6回目での計算結果を $Q$ 値として表示してある。また本解析法による上記式(6)、式(7)の方法で解いた結果が $Q^-$ 値として記入してある流量である。計算にあたって図6.3(a)の管網を図6.3(b)のようにメッシュ表示し、式(6)、式(7)をメッシュ番号(I, J)についてつぎのように具体化した。

$$\begin{aligned} r_{xi}(I, J) \cdot Q_{xi}(I, J)^{1.85} &= - (h(I, J) - h(I-1, J)) \\ r_{yi}(I, J) \cdot Q_{yi}(I, J)^{1.85} &= - (h(I, J) - h(I, J-1)) \dots (8) \\ \Delta h &= 1 / A_0 \cdot \{ q(I, J) - (Q(I, J) - Q(I-1, J)) - (Q(I, J) - Q(I, J-1)) \} \dots (9) \end{aligned}$$

当然次のステップでの $h(I, J)$ は元の $h(I, J)$ と上記 $\Delta h$ より $\{h(I, J) + \Delta h\}$ となる。 $A_0$ 値を一律0.2、 $h(I, J)$ の初期値をすべて0、流入点である(2, 2)点での $h$ を0.2ずつ高めていった場合、357回目の繰返し計算によって

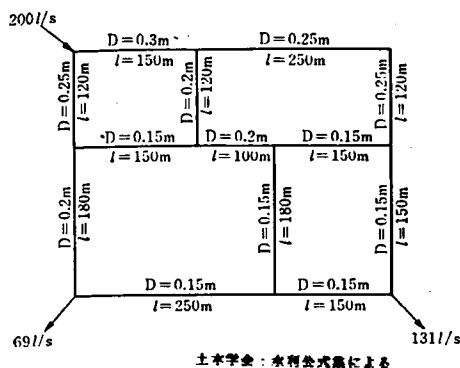


図6.3(a) 管網条件

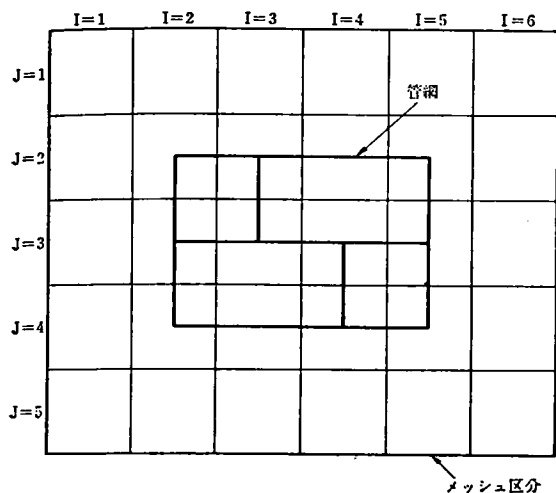


図6.3(b) 管網のメッシュ表示

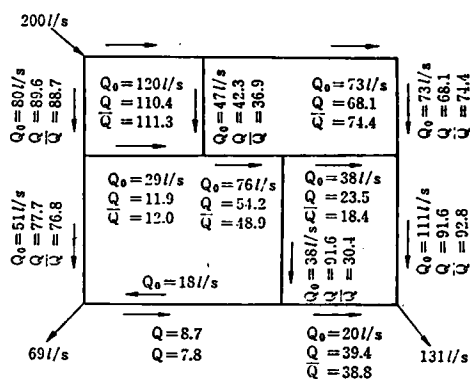


図6.3(c) ハーディクロス法と本解法の比較

全メッシュでの総  $|\Delta h|$  値が  $0.1 \times 10^{-6}$  以下となった場合の計算結果を図6.3中に示してある。この例からみても本方法は  $A_0$  値を一定とした場合、ハーディクロス法より修正回数が増大する可能性はあるものの、計算機の活用を前提にすれば任意の管網に適用可能と判断できる。

### 3) 広域管網のモデル化

## (1) モデル化の基本条件

本解析法では広域地域における末端給水管をも含む全管路を解析対象とするので取り上げる管路数が極めて増大する。この多数かつ複雑な管路データを用いてモデル管網を再構成する方法は多岐にわたるが、本法では以下の事項を基本条件とした。(1) 二次元流として解析するところから、あらゆる管路をx方向ないしy方向とみなし、直交構成とみなす。(2) 一定口径以上の管を幹線管路とみなし、対象地域全域で、幹線の連続性をはかる。すなわち、配水池等の配水源から需要の集中する主要メッシュへの配水は幹線によるものとし、幹線の不連続性を避けるとともにループ構成など実際の管網構成を極力正確に再現する。(3) モデルとして再構成された管網が実際の管網をいかに適切に再現しているかの再現性を両者の節点数、ループ数で評価する。

## (2) メッシュ別管網データ

幹線のモデル化とその再現性の評価のために必要とするデータはそれぞれメッシュ別の管径別管路総延長、管網の節点数、ループ数、総人口およびメッシュ内平均地盤高さである。これらのデータを対象給水区域全域について収集する。なお、再構成の再現性を評価しない場合は節点数、ループ数は必ずしも必要としない。

## (3) 幹線管路のモデル化

一定口径以上の管を幹線管路とみなし、つぎの2段階の操作によってモデル化を行う。なお、ここでいう一定口径としていかなる値を採用するかはいろいろの値についてモデル化を試み、後の再現性の評価の段階でいかなる値が最も現実の管網を再現するかによって決定すればよい。

### a. 幹線の基本モデル

図6.4に示すように一辺の長さが $\Delta l$ の各メッシュで一定口径以上の管の総延長 $L_1$ が $\Delta l/2 \leq L_1 < \Delta l$ のとき(1)のようにメッシュの中央から一本の幹線を設定する。

同様に、 $\Delta l \leq L_1 < 3\Delta l/2$ のとき(2)， $(3/2)\Delta l \leq L_1 < 2\Delta l$ のとき(3)， $L_1 \geq 2\Delta l$ のとき(4)のように十字の幹線を設定する。この(4)の場合、 $L_1 > 2\Delta l$ の場合についても重複幹線を考えない。また、(1)から(3)の場合についての各管の方向性(どの位置に設定するか)についてはひとまず図6.5のように優先順位を想定する。

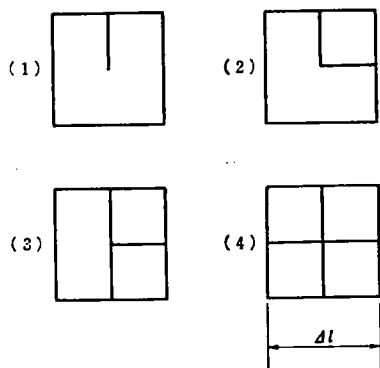


図6. 4 幹線の基本モデル構成

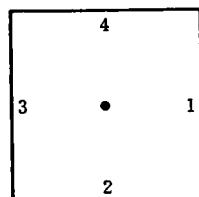


図6. 5 幹線基本モデル構成  
における優先順位

#### b. 幹線の連続化のためのモデル修正

図6. 6に示すような任意のメッシュ（I，J）で上下、左右の隣接4メッシュについて調べ、図6. 7（1）のように、相互に管の連続しているものをまず幹線として決定する。また、図6. 7（2）のように隣接メッシュから管が接近している場合で他と連続していない残余の管がある場合図6. 5の優先順位とは関係なく図中矢印で示すように幹線の位置を修正した上で幹線として決定する。全域についてこの修正を行った後、さらに隣接4メッシュのいずれとも連続していない幹線の有無を調べる。不連続な幹線が残っている場合、上下、左右方向の任意のメッシュで最寄りの幹線を探しこれと結ぶ。この連結のために例えば図6. 7（3）に示すように幹線の位置を矢印で示すように修正した後、破線で示すような仮想管を想定することになる。かかる修正の後さらに図6. 8中の破線で示すような残った幹線の枝管を消去する。この消去管と先の仮想管との長さが全域として相互に消去しあうものと見成したものである。

#### （4） 小口径配水管のモデル化

一定口径以上を幹線とみなしたことに対応して、それ以下の全口径管をここでは小口径管とみなして以下のようにモデル化する。ここでも、各隣接メッシュ間で管の連続性をいかに保つかが最も重要となる。

##### a. 小口径配水管の基本モデル

小口径管については図6. 9（1）に示すように各メッシュの（1／4）部分を直交す

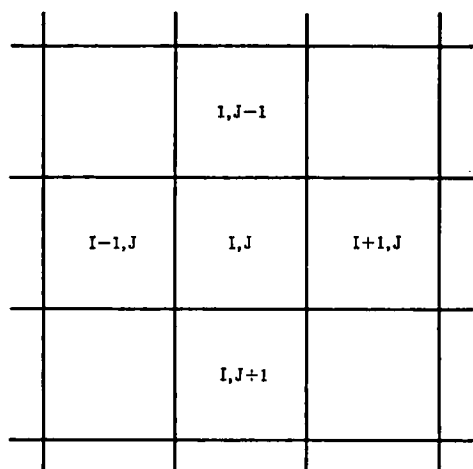


図6.6 隣接メッシュ

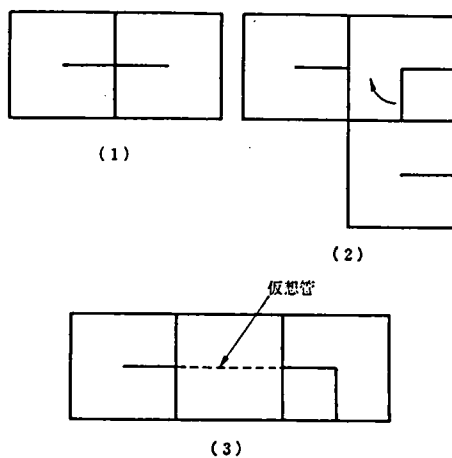


図6.7 幹線の連続化

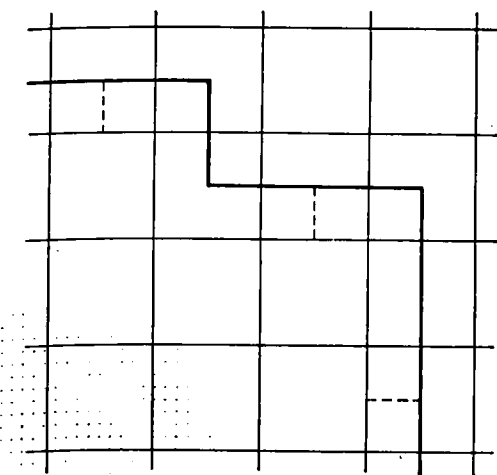


図6.8 幹線モデルにおける枝管の消去

る一組の管を基本管と呼び、 $(\Delta l / 2) \times 2 (= \Delta l)$  長さを基本単位とする。従って各メッシュ内の一定口径以下の全管の総延長を上記  $\Delta l$  で割ることによって求まる基本管の組数を計算し、これを図6.9(1)の他の  $(1/4)$  部分にも均等に配分する。例えば、基本管の組数が8のとき、図6.9(2)のようになる。

### b. 小口径配水管の連続化のためのモデル修正

以上のようにそれぞれのメッシュについて基本管の組数を求めた場合、隣接メッシュの組数と一致しなければ管は隣接点で不連続となる。そこで、図6. 10に示すように二重

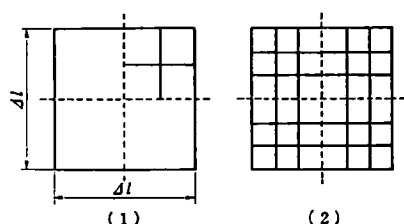


図6. 9 一般配水管基本モデル

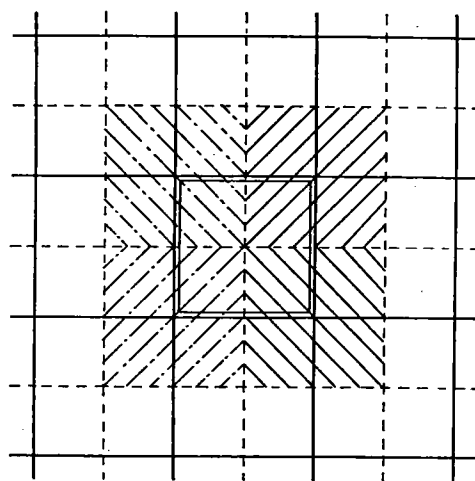


図6. 10 一般配水管での組数の連続域

線で表す任意のメッシュについて隣接する9メッシュと斜線等で表す各 $(1/4)$ 部分についてそれぞれ平均化した整数値を基本管組数として決定する方法をとる。このように修正すれば例えば図6. 11に示すように単一メッシュ内の管構成は一見不連続性となるがこれを破線部を通る幹線で連続性を保つことができ、さらに隣接メッシュとの連続性を確保できる。なお、幹線が不在で完全に孤立する小口径配水管が発生する場合は小口径管の位置を幹線の位置に修正するかあるいはその組を無視して消去することも可能である。

### c. モデル管線での接点数および基本ループ数

以上のように管線をモデルとして再構成した場合、図6. 12の黒丸からもわかるように組数が $n$ すなわち横方向 $n$ 本、縦方向 $n$ 本の管による節点数は $n^2$ となる。また、基本ループすなわち最小単位の正方形ループ数の数は $(n+1)^2$ となる。この節点数およびループ数の数を実際の管線での値と対比することによってその再現性を評価する指標とすることができる。

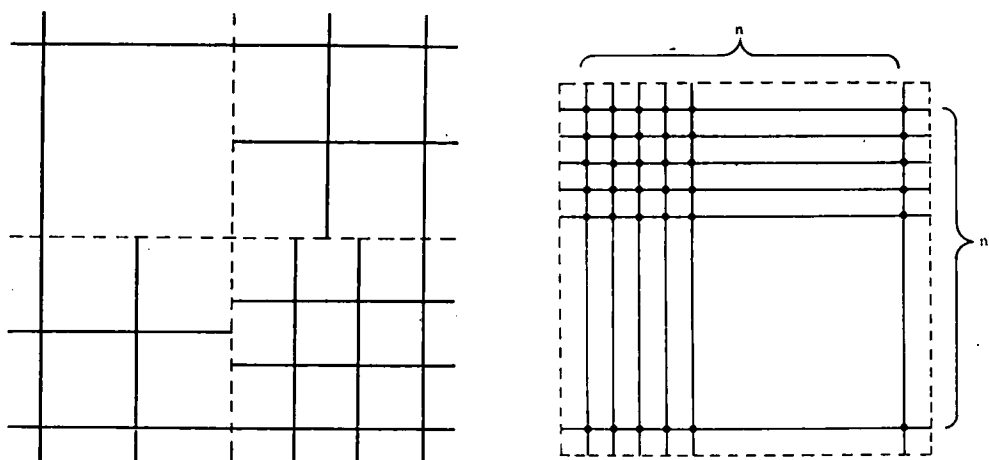


図6. 11 単一メッシュでの一般配水管 構成  
図6. 12 管網モデルでの節点数

## 6-2 二次元管網流の近似解法の検証

### 1) 仙台市全域管網のモデル化

たまたま詳細な管路データをコンピュータ入力できている仙台市内全域の管内水圧および流動を一例として上述の方法で解析することにした。図6. 13に示すように市域を東西南北それぞれ500m間隔でメッシュ区分し、それぞれのメッシュにつき管種管径別管延長、節点数、基本ループ数、人口を求めこれらによってモデル化を試みる。仙台市では市内全域にわたって管路のブロック化が完成し、一定給水区域毎に独立したブロックを形成し、それぞれのブロックを幹線でつなぐ方式となっているが、ここでは上述の一般的方法の有効性を示すことのみを目的とするので、以下のモデル化の作業の過程ではブロックの存在を考慮しないこととした。なお、人口データについては各メッシュ内の戸数を住宅図から読み取り、平均的に3人/戸として各メッシュ内人口とみなした(図6. 14)。3)に示した方法で一定口径の値を150、200、250、300、400、500、600、800mmとそれぞれ変化した場合について幹線網、総配水管網(幹線を含む)そのモデル化によるメッシュ内の管総延長と節点数、ループ数の関係を求めたが、そのうちいくつかの結果を例示したのが図6. 15、図6. 16である。



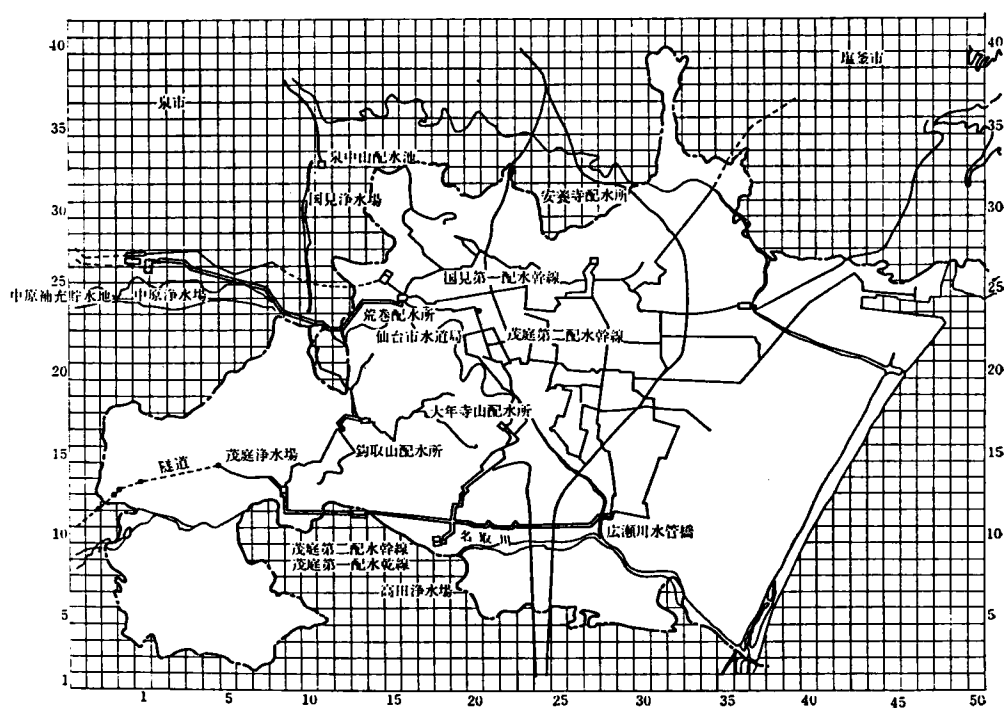


図6. 13 仙台市のメッシュ区分

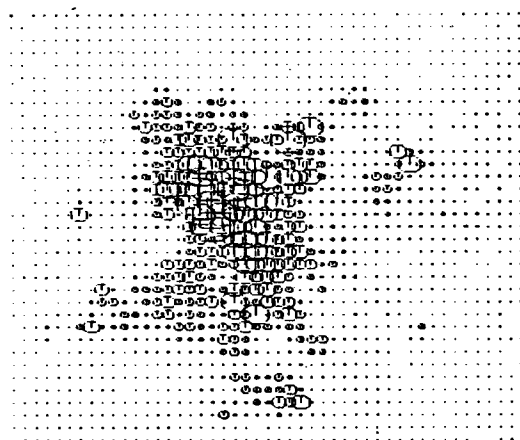


図6. 14 仙台市における人口  
(円の直径が人口に対応)

別に仙台市の実際の管網図から個々に読み取ったメッシュ内管総延長と節点数、ループ数を求めた結果が図6.17および図6.18である。図6.15、図6.16の(3)および(4)の結果とこれら両者を対比することによって先の(4)aに示した配水管基本モデルの組数を求める際の直交する一組の管の長さを $\Delta l$ より $2\Delta l$ とする方が実際の管路構成に近いことが明かとなった。すなわち、各管が完全な直線とみなすよりは複雑に曲がっている点を考慮し、実際の長さの2倍程度の管が直交しているものを基本単位とすることが実際に近くなることが明かとなった。

さて、仙台市では図6.14に示したように人口が分布している(図中丸印の直径が人口を表す)。それぞれの人口に対し、敷設されている実際の管のメッシュ別総延長を調べた結果図6.19、図6.20の結果を得た。すなわち、 $500\text{m} \times 500\text{m}$ メッシュ内の人口とそこでの全管種管径の総延長を対比したのが図6.19で、 $100\text{mm}$ 以上の全管種総延長を対比したのが図6.20である。結果が非常にバラツキているが、たとえば1メッシュ内人口が2,000人の場合、総管延長は約32km、 $100\text{mm}$ 以上は12km程度となっていることが判る。当然、人口の増加と共に管密度は増大していく傾向を認め得る。極めて総括的な分析目的に限定されるがこれら両図を活用することができれば、他地域でメッシュ毎の人口データさえ入手できればそこでの管延長を図6.19、図6.

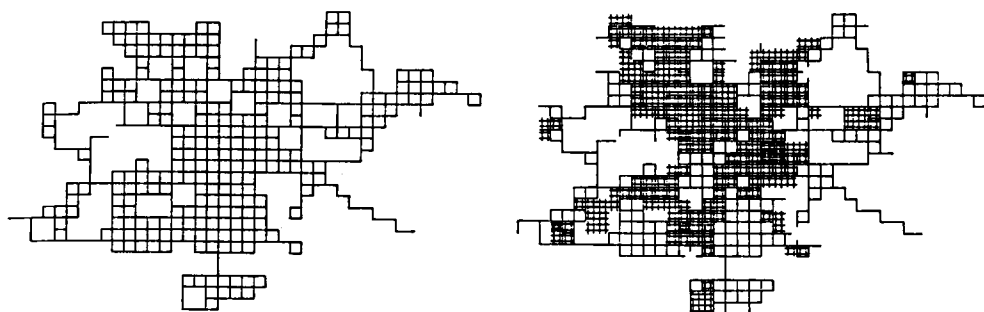


図6.15(1) 口径200mm以上を幹線としたときの幹線網モデル      図6.15(2) 口径200mm以上を幹線としたときの全管網モデル

20で類推するのも一つの方法である。この場合図6.17、図6.18で節点数、ループ数をも類推することができる。なお、これらの関係は地域的な差も大きいものと考えられるので今後さらに精度を高めるための検討を追加してゆく必要がある。

以上のような検討の結果、幹線の連続性、小口径配水管と人口との対応関係さらにはそこ

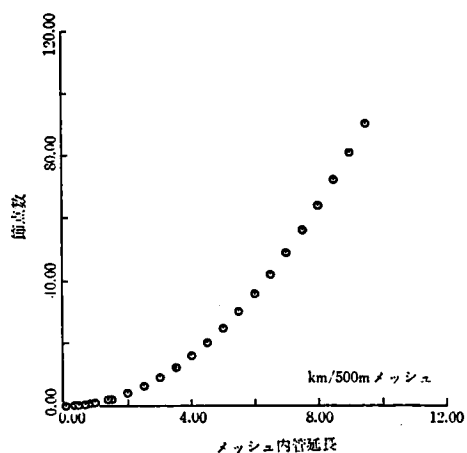


図6.15(3) 口径200mm以上を  
幹線としたときの管延長と節点数の関係

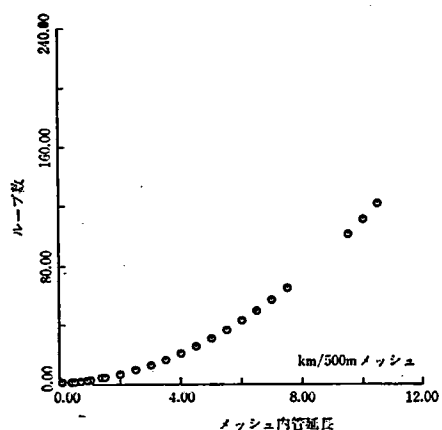


図6.15(4) 口径200mm以上を  
幹線としたときの管延長とループ数の関係

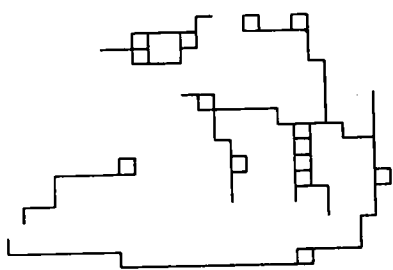


図6.16(1) 口径600mm以上を  
幹線としたときの幹線網モデル



図6.16(2) 口径600mm以上を  
幹線としたときの全管網モデル

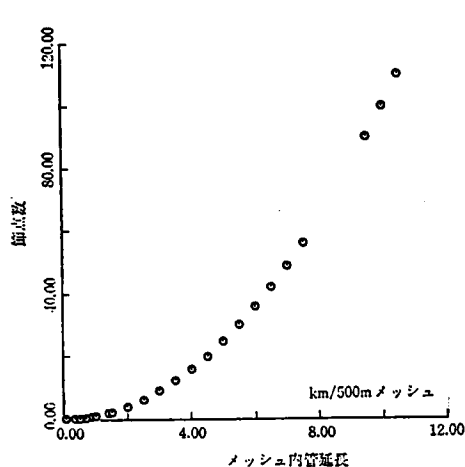


図6.16(3) 口径600mm以上を  
幹線としたときの管延長と節点数の関係

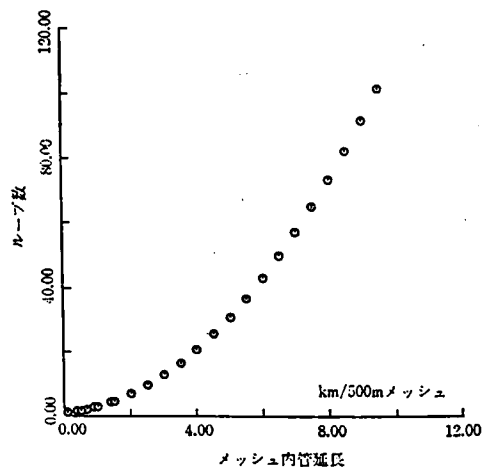


図6.16(4) 口径600mm以上  
を幹線としたときの管延長とループ数の  
関係

での節点数、ループ数の実際値との対応関係を照合することによって、以下では300m以上を幹線とみなすことにした。図6.21、図6.22にモデルとしての仙台市の配水管網を幹線および総配水管に分けて図示しておく。なお図中に表6.1に示す浄水場、配水池の位置をも併記している。

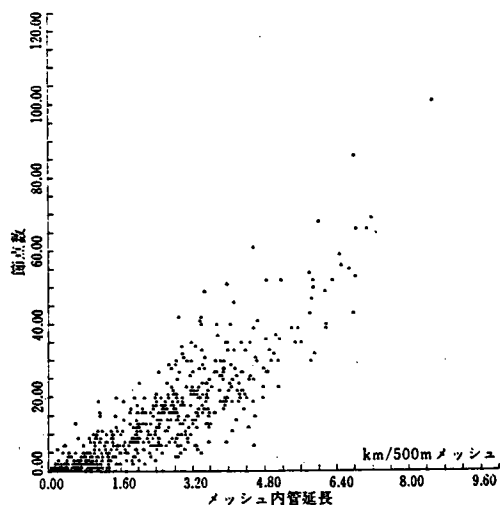


図6.17 メッシュ内管延長と節点数  
の関係 (実測値)

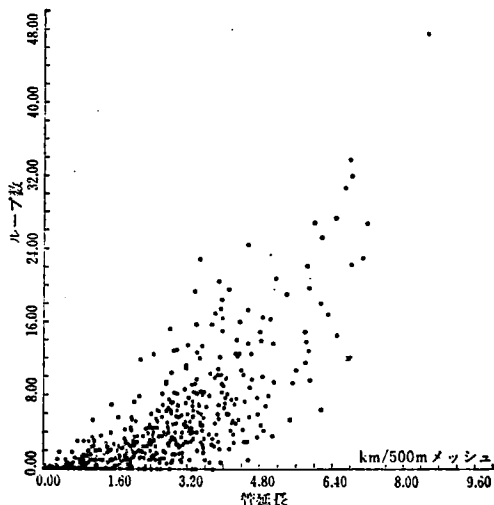


図6.18 メッシュ内管延長と基本  
ループ数の関係 (実測値)

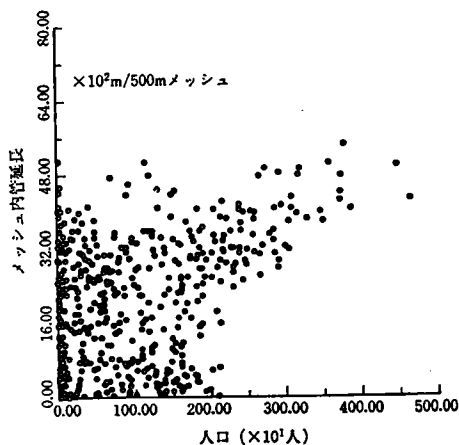


図6. 19 仙台市におけるメッシュ内  
人口と管延長の関係

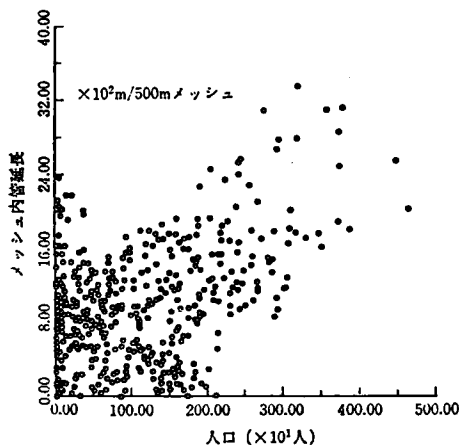


図6. 20 仙台市におけるメッシュ内  
人口と100mm以上の管延長の関係

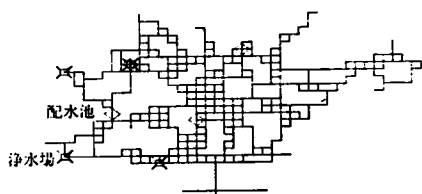


図6. 21 口径300mm以上を幹線  
としたときの仙台市の幹線網モデル



図6. 22 口径300mm以上を幹線  
としたときの仙台市の全管網モデル

## 2) 仙台市全域管流の試算

先述のように仙台市における実際の管路流はブロック化のために、主要幹線と小口径配水管とが制水弁などで制御されている。ここでは本方法の精度を示すというよりは単に解がいかなる特性を表示しうるかを示す目的で、仙台市においてブロック化のための制水弁を全て開いた場合の管路流を試算してみる。ただ、地盤高をも考慮せず、各浄水場での送水圧、各配水池での配水圧をそれぞれ一律に $80 \text{ kg/cm}^2$ 、 $40 \text{ kg/cm}^2$ とみなしたときの試算結果が図6. 23～図6. 25である。図6. 23は、水圧が $30 \text{ kg/cm}^2$

$\text{m}^2$ の等圧線図を示し、図6.24(1)は $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の管内流を、図6.24(2)は $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の主要管内流をベクトル表示している。なお、これらの計算結果はA<sub>0</sub>値を一律0.07、繰り返し計算回数200回、各節点での流量収支誤差の市全域総量が $0.096 \text{ m}^3/\text{s}$ のときの試算結果を示したものである。

ここでの最大の問題は試算値を実際値で検証できていないことである。この点については別途ハーディクロス法等既存の解析法による結果と対比することによって本方法の精度を定量化してゆく。

表6.1 仙台市における配水源

| 名 称     | 位 置 (座標値) | 配 水 能 力                          |                                  |
|---------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|
|         |           | $\text{m}^3/\text{日}$            | $\text{m}^3/\text{s}$            |
| 茂庭浄水場   | (10, 11)  | 200,000                          | (2.315)                          |
| 国見浄水場   | (16, 24)  | 90,000                           | (1.042)                          |
| 中原浄水場   | (11, 22)  | 30,000                           | (0.347)                          |
| 富田浄水場   | (21, 11)  | 20,000                           | (0.232)                          |
| 安養寺配水所  | (28, 26)  |                                  |                                  |
| 荒巻配水所   | (17, 24)  |                                  |                                  |
| 大年寺山配水所 | (23, 16)  |                                  |                                  |
| 鉤取山配水所  | (13, 17)  |                                  |                                  |
| 合 計     |           | $\text{m}^3/\text{日}$<br>340,000 | $\text{m}^3/\text{s}$<br>(3.935) |

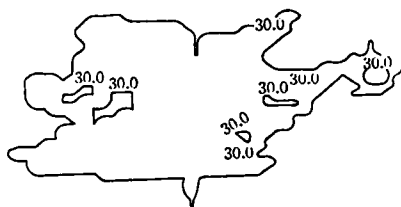


図6.23 仙台市における管内流によるメッシュ内平均水圧の等圧線図の例



図6.14(1) 仙台市における管内流の試算例(その1)

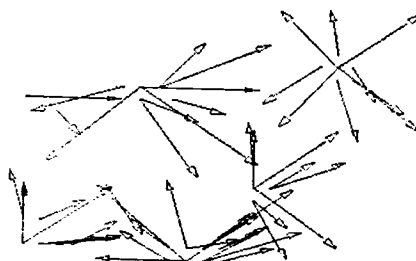


図6.25(2) 仙台市における管内流の試算例(その2)

### 6-3 まとめ

第6章では、広域配水管網の近似解法の開発として、二次元管網流の近似解法の提言を行った。すなわち、現実の配管を極力正確に取り上げた上で、二次元流の数値計算を活用して広域的な管網を一括して解くことを検討した。

本方法は対象地域全域を任意に格子区分し、各格子をメッシュと呼び、各メッシュ内で一定の平均水頭値として計算を進めるものである。広域管網については、モデル化するものとし、仙台市全域管網をモデルとして近似解法の検討を行った。

## 第7章 社会的公平化のための連絡管の効果に関する検討

本章では、水道安定化の方策の一つの例として事業体間連絡管を取り上げ、それが水道システムの安全性、公平性にどのように効果をもたらすかを、具体的かつ実証的に検討する。対象としては、第6章でふれた富山県内の20の上水道を取り上げ、これらの事業体間に応急用連絡管を段階的に設置した場合、震災、管路欠損などの災害による水道への影響がどの程度軽減されるか、あるいは公平化されるかを算出する。

本章では、これらの諸点をできるかぎり実証的に解析せんと試みる。そのためには、まず水道被害の程度、公平化の程度を数値的に表現する方法を考案しなければならない。次に、対象とする管網規模は全20事業体、管路総延長約5,000kmにも及ぶ大規模なものであるから、これを災害特性、管網特性を損なうことなくどのように集約すれば簡単に被害度、公平度を算定し得るかが問題となる。

この点に関し、第6章では2次元管網流による解析法を提案した。この方法では、人口密度が高く、従って管網密度が高い地域が連続と続いている場合に適しているが、富山県のように人口密度が低くなく（水道事業を行っている市町村の平均人口密度は341.2人/km<sup>2</sup>である）、従って管密度も低い地域（例えば200mm以上の配水管密度は270m/km<sup>2</sup>程度である）に適用するには、異なった解析手法を考案する必要がある。

このように、本章では、

- (1) 震災、管破損などの災害時における水道被害の公平さの尺度
- (2) 富山県のような中小都市、町村が散居する地域での広域水道管網の解析法
- (3) (1)、(2)の手法による実地域への適用とその解析

の3点についてそれぞれ検討、考察を行い、(1)に関し、従来から統計分布の広がりを表すのに利用されてきたレンジ、50%範囲、標準偏差の諸量を公平度の観点から再整理し、その他、不公平性指数なる指標を定義する。(2)に関しては、現在、設置されている管網を比較的忠実に模写しモデル化する詳細法(モデル)と、1事業体を1節点程度に置き替える簡易法(モデル)の2手法を提案する。また、(3)に関しては、(2)で開発したモデルを使用し富山県内の事業体を漸次、連絡管で結合していった際の災害時被害度の軽減効果、公平化効果について検討する。

### 7-1 公平度の尺度

水道広域化の目標の一つに災害時の安全性・安定性及び公平性の向上があることはすでに述べた通りである。それでは広域化に伴う公平性向上の尺度はどのように計量すればよいか。いま、問題を明瞭にするために対象を災害時における事業体単位の給水量不足に限

定しよう。従来から使用されてきた水不足評価の指標としては、頻度、継続日数、最大水不足率、不足率×日数、水不足による被害額などがある。水道システムの規模が小さく、災害が局地的であれば、これらの水不足評価指標は事業体間あるいは事業体内で場所的な分布を生ずる。水道システムが広域的になり給水区域内のどの地点で被った災害による水不足も、全給水地域にて等しく負担できるようになるとすれば、これは、社会的公平化から見た広域水道の一つの究極の目標でもある。以下、この状態を完全公平と称することにする。一方、被災した事業体では、完全な断水、それ以外の事業体では影響無しの状態が発生するならばこれは完全不公平な状況であると考えることができる。本章で対象とする連絡管の効果は、給水量不足の状況をどれだけ完全公平の方向へ移行できるかで測ることにする。

本章にて想定する災害は主として震災である。また、設定連絡管としては各事業体管網の末端を比較的小口径の管によって連結するものである。これにより被害を受けやすく復旧に時間を要する小口径配水管破損による給水不足に効果を発揮することが予想される。このように比較的長期にわたり恒常化する水不足状況の評価指標として、本章では、次式で示される給水不足率あるいは給水充足率を取り上げる。

$$\text{給水不足率} = 1 - \text{給水充足率} = 1 - \text{有効水量} / \text{水需要量}$$

この給水不足率を対象に以下の公平性の指標を検討する。

#### (1) レンジ (分布範囲)

最大水不足率と最小水不足率の差で定義する。完全公平のとき最小値0%をとり、完全不公平のとき最大値100%となる。この指標は明瞭であるが、最大水不足事業体と最小水不足事業体の間に位置する水不足の分布を無視してしまう。

#### (2) 50%範囲

水不足率を小さいものから順に事業体数で4等分するとき、級限界になる水不足率の第1及び第3位界の差で定義する。レンジと同様に水不足度の分布を考慮していない。

#### (3) 標準偏差

統計学上、分布の幅を表す指標としてよく用いられるものである。完全公平のとき0、



不完全公平のとき最大値  $100N^{-1/2}$  (%) となる。ここに  $N$  は事業体数である。各事業体給水不足率が一律に  $a$  (正) % だけ上昇しても標準偏差は不変に留まる。しかしそのような操作をするとき分布は不公平になると判断した方がよいかも知れない (例えば 3 事業体の給水不足率 0%、0%、5% が、95%、95%、100% となった場合)。ここに標準偏差の公平性の尺度としての難点がある。

#### (4) 不公平性指数

任意の 2 事業体間の給水不足率の差の絶対値を平均し、完全公平の時 0、完全不公平の式 1 となるように正規化し算出する。

$$\text{不公平指数} = 1 / 2 \bar{x} (N-1) \times \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |x_i - x_j| \quad (1)$$

ここに  $x_i$  は第  $i$  事業体の給水不足率である。例えば、不公平性指数が 0.3 であるとは、任意の事業体間の給水不足率の差異が全体としてみれば平均給水不足率の 60% に相当することを意味する。

表 7. 1 に以上の公平度の指標を一覧する。本章の目的は、これらの指標の正当性、妥当性を論ずることではなく、連絡管設置により便宜的ではあるが、上に掲げた程度の公平性指標がどの程度変化するか、あるいは変化量算定にはどのような手法を開発しなければならないかを論ずる点にある。そうした意味合いから、以下では上記の 4 指標を列挙し、各々の挙動を検討することにする。

表 7. 1 本章で取り扱った公平性尺度

| 範囲 (レンジ)        | 全事業体中の最大充足率－最小充足率   |
|-----------------|---|
| 4 分位 50% レンジ 偏差 | 全 20 事業体のうち、第 5、6 位の充足率を占めた事業体の平均充足率と第 15、16 位の充足率を占めた事業体の平均充足率の差 |
| 標準偏差            | $(\sum (\text{各事業体充足率} - \text{平均充足率})^2)^{1/2}$<br>20 事業体        |
| 不公平指数           | $(\text{任意事業体間の充足率格差の絶対値の平均値}) \div 2 \cdot \text{平均充足率}$         |

## 7-2 広域化の程度と被災状況の設定

本章で対象とする富山県水道とその広域化計画のあらましについては既に第5章で述べた。従って、本節では、本章の主題である連絡管設置による公平度改善効果の算定に必要な諸要素についてのみ詳述する。表7. 2<sup>1)</sup>は対象事業体の諸元である。この20事業体を表7. 3に示す広域化計画に基づき、事業体間応急連絡管を漸次設置していく。設置場所は現状の管網、道路状況等から判断した。また、隣接事業体間を一ヶ所のみ連絡管で連結する疎結合と複数ヶ所で連結する密結合の2通りの計画を立案する。連絡管径は全県一律とし、150mm、300mm、500mmの3段階に変化させた。従って、本章で取り上げた連絡管設置計画には広域化の地域スケールから3段階、設置の疎密から2段階、管径から3段階、計18段階が存在する。なお、本章では以上のように連絡管設置ヶ所、管径、設置のスケジュールをある程度限定したが、本来、これらの諸元は事業体当事

表7. 2 対象事業体の諸元

| 事業体名 | 現在給水人口<br>(人) | 給水面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 給水普及率<br>(%) | 平均給水量<br>(m <sup>3</sup> /日) |
|------|---------------|----------------------------|--------------|------------------------------|
| 砺波   | 33,289        | 86.95                      | 90.0         | 10,585                       |
| 高岡   | 166,789       | 151.05                     | 94.2         | 54,117                       |
| 射水   | 92,048        | 108.64                     | 97.2         | 30,945                       |
| 富山   | 289,620       | 208.93                     | 93.7         | 105,410                      |
| 小矢部  | 18,399        | 114.74                     | 52.8         | 5,005                        |
| 氷見   | 51,158        | 97.88                      | 89.5         | 15,893                       |
| 魚津   | 35,654        | 35.75                      | 77.7         | 11,945                       |
| 滑川   | 27,830        | 44.14                      | 93.8         | 9,055                        |
| 八尾   | 14,957        | 12.80                      | 92.8         | 4,385                        |
| 大山   | 9,134         | 23.26                      | 100.0        | 3,481                        |
| 大沢野  | 16,269        | 38.83                      | 86.8         | 6,213                        |
| 井波   | 11,315        | 15.60                      | 96.7         | 3,978                        |
| 庄川   | 6,423         | 8.00                       | 99.6         | 3,219                        |
| 立山   | 22,730        | 55.05                      | 85.6         | 5,251                        |
| 福光   | 19,662        | 31.62                      | 97.0         | 3,735                        |
| 上市   | 19,130        | 27.80                      | 85.6         | 3,560                        |
| 婦中   | 19,752        | 46.76                      | 78.5         | 6,478                        |
| 城端   | 11,080        | 33.95                      | 96.2         | 2,194                        |
| 福野   | 8,750         | 22.50                      | 64.2         | 3,276                        |
| 黒部   | 16,970        | 22.50                      | 85.5         | 6,566                        |
| 計    | 890,957       | 1,186.76                   | 90.3         | 295,291                      |

1984年度 「富山県の水道の現況」富山県厚生部環境衛生課による

者らによって種々の要因を勘案し、きめこまかく設定される必要がある。また、そのためには、設定条件を試行錯誤的に入力でき、その効果を分かり易く表示するシステムを開発しておいた方が都合良い。図7. 1は本章にて取り上げた連絡管設置位置を示すマイコンディスプレイであり、本節及び7-3ではこうした計算機との対話システムを試作しその上で作業を行っている。

さて、対象となった20事業体の主要水源は河川水、地下水、伏流水などを中心に全120ヶ所存在し、4ヶ所の浄水施設、104ヶ所の配水場、120台余の配水ポンプ設備が存在する。水道災害時には、これらの諸施設が被害を軽減すべく臨機に運用されるわけであるが、これら全てを考慮すべきモデルシステム中に組み込むことは現実的ではない。

従って考察対象を配水管網のみに限定し、上記の諸水道施設を運用状況、位置等から7-3に示す詳細なモデルでは123点の配水拠点と62点の圧力調整施設に、7-4に示す簡易なモデルでは20点の配水拠点に集約化し、これらの配水拠点から各需要先までの管網を検討対象とすることにした。

管網を中心とする配水施設は水道施設全体のうちの最も大きな部分を占め、かつ住民に直結する施設であるが、一方、敷設範囲が広く、複雑多岐にわたることもあって管破損、漏水など最も管理しにくく脆弱な施設でもある。

管破損・漏水の原因としては、平常時には交通荷重、不同沈下などが考えられ、震災時においても大規模な破損が発生する。平常時における管破損の程度として、例えば昭和57年度にて富山市内に発生した管破損状況を表7. 4に示す<sup>2)</sup>これらの数値から管破損の確率として年間管延長1km当り0.24ヶ所程度の値を得るが、こうした値は管種、管設置状況によって異なるとはいっても、事業体全域について見ればそれほど大きな差異はなく0.1~1.0ヶ所/年/km程度の値である。(表7. 5)一方、震災時にはどの程度の破損が生ずるのであろうか。震度、震央からの距離等により異なるが、例えば、宮城県沖地震(1978年、M=7.4)における仙台市(震央距離約100km)の場合、1.0ヶ所/km程度、新潟地震(1964年、M=7.5)における新潟市(震央距離約50km)の場合27.2ヶ所/km程度、と言われており、極めて大きな災害が

表7. 3 広域化段階と連絡管設置本数

| 第3段階             | 第2段階               | 第1段階              | 各事業体   |
|------------------|--------------------|-------------------|--|
| 県 全 域<br>(29,70) | 西 部 (2)<br>(13,35) | 西 部 (1)<br>(5,11) | 水 見<br>高 岡<br>射 水<br>小 部<br>矢 波<br>崎 庄<br>井 川<br>福 野<br>福 光<br>城 端<br>富 山<br>婦 中<br>八 尾<br>大 沢<br>清 野<br>上 川<br>立 市<br>魚 山<br>黒 津<br>部 |
|                  |                    | 崎 波<br>(7,17)     |  |
|                  |                    | 富 山<br>(7,15)     |  |
|                  | 新 川<br>(7,9)       | 中 新 川<br>(2,4)    |  |
|                  |                    | 下 新 川<br>(4,4)    |  |
|                  |                    |                   |  |

( )内の数字は疎連絡、密連絡時の増設連絡管数を表す

表7. 4 富山市配水管破損件数

| 原因    | 鋼鉄管 | 石綿セメント管 | ビニール管 | 銅管 | その他 |
|-------|-----|---------|-------|----|-----|
| 老朽化   | 10  | 132     | 7     | 15 | 4   |
| 重加重   | 11  | 11      | 6     | 1  | 1   |
| 第三者加害 | 2   | 19      | 11    | 1  | 3   |
| 施工不完全 | 2   | —       | 8     |    |     |
| 材質不良  | —   | 3       | 116   |    |     |
| その他   | —   | —       |       |    | 22  |
| 合計    | 25  | 165     | 148   | 17 | 30  |

表7. 5 1年、管延長当りの破損確率

|       |                |  |
|-------|----------------|--|
| 富山市   | 0.24           | 表7-4から計算   |
| 京都市   | 0.49           | 昭和53年度、京都市水道統計年報より計算                               |
| 大阪市   | 0.95           | 昭和56年度、大阪市水道局事業年報より計算                              |
| 米国諸都市 | 0.146 (±0.125) | 1980年、米国会計検査院が米国議会に提出した値<br>14都市、10年程度のデータから算出したもの |

発生する可能性がある<sup>3) 4) 5) 6)</sup>。

一般に震災時における上水道システムの果たす役割としては、

- 1) 発震直後の消火用水の確保
- 2) 広域避難地等の避難拠点への重点配水
- 3) 都市生活可能水準の維持
- 4) 平常の都市機能確保

の各段階が考えられ、それらの必要性は経時的に変化すると共に、水量も大きく異なって

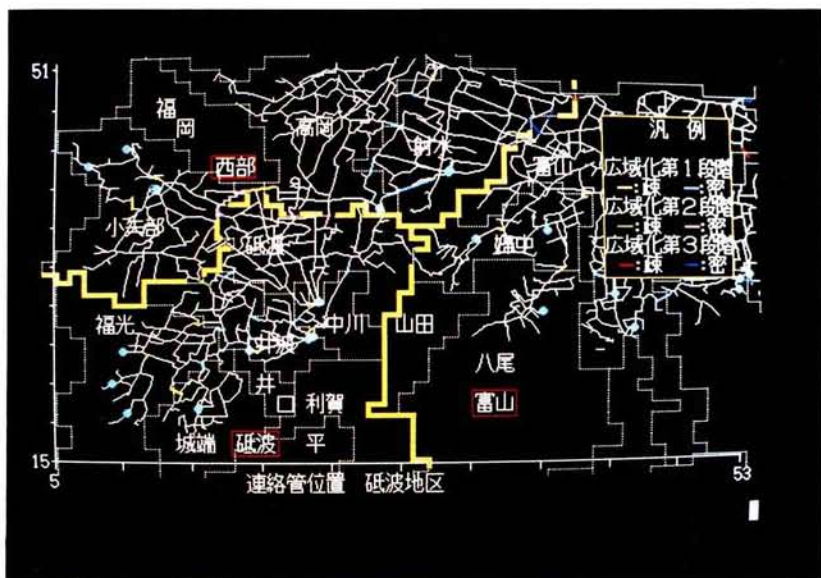


図7・1（a） 富山県南西部における主要管路及び設定連絡管位置

広域化第一段階にて砺波地区となる。黄色太線は第一段階での地区境界を示す。この線を横ぎる管路は、緑、桃、赤、青色で示されたものである。水色の○は主配水拠点を示す。



図7・1（b） 富山県西部における主要管路図及び設定連絡管位置

広域化第一段階にて西部地区となる。



図7・1(c) 富山県中央部における主要管路図及び設定連絡管位置  
広域化第一段階にて富山地区となる。

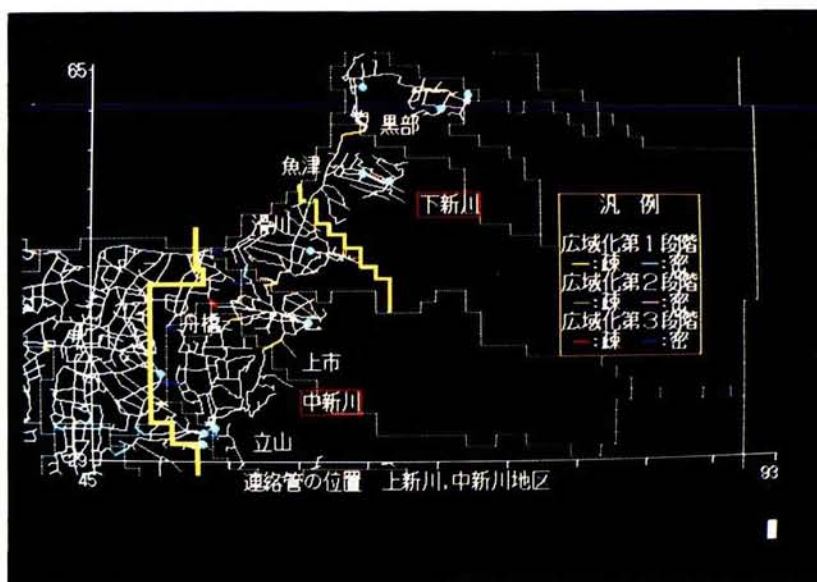


図7・1(d) 富山県新川地区における主要管路図及び設定連絡管位置  
広域化第一段階にて上新川、中新川地区となる。

くる。これに対応して配水機能に期待される役割も、各段階毎に異なり、第二段階では広域避難地付近までの配水幹線がなんらかのルートで連結されているかが大きな関心事となり、第三、四段階では中小管網の破損、漏水状況が主たる関心事となる。但し、町村などの小規模事業体の場合はこれらの各段階は明朗ではなかろう。さらに震後機能の回復の面からは、第二段階の配水幹線欠損に関しては発見は容易であり、修復優先度は最上位におかれ比較的短時間のうちに復旧がなされるであろうが、第三、第四段階での復旧は長時間かかることが予想される。例えば、過去の震後水道機能の復旧状況の時間スケールを例示してみると表7. 6のようになる。この表において例えば新潟地震の場合、震後の早急な導送水管の復旧後、通水しながら配水管網の復旧が行われたが、現状復旧は遅々として進まず、取り合えずの仮配管による共同栓の設置までに1. 5ヶ月、仮配管からの各戸給水までに3ヶ月を要している。

本章で取り上げる事業体間連絡管は上に述べた各段階に役立つであろうが、解析の都合上、第三、四段階に重点を置く。第一段階、第二段階においては、主要管網の形状特性と破損の皆細とも考えられる状況が、以後の被災状況を大きく左右することが多いと考えられるためである。第三、四段階における配水の特徴は次の通りである。

表7. 6 震後復旧段階の時間スケジュール

|         | 発生年       | マグニチュード | 第3段階  | 第4段階 | 震後漏水率 | 備考                   |
|---------|-----------|---------|-------|------|-------|----------------------|
| 新潟地震    | 1964.8.16 | 7.5     | 約3ヵ月  |      |       |                      |
| 宮城県沖地震  | 1978.6.12 | 7.4     | 8日    | 1ヵ月  | 32%   | 仙台市                  |
| 日本海中部地震 | 1983.5.26 | 7.7     | 17日   | 1ヵ月  | 46%   | 能代市、配水管修理終了時では漏水率26% |
| 震災時給水計画 |           |         | 2~20日 |      |       | 日本水道協会アンケート, 1980    |

1) 従来、この種の解析にて問題とされてきた主要管網ネットワークの連続性のみならず中小管網の面的連続性が重要となる。

2) 復旧は水を可能な限り配水しながら破損、漏水ヶ所を発見・修理する形態で進み、給水需要量、供給量及び漏水量のバランスが重要となる。

本章で想定する給水量不足は管網中の任意の管が欠損あるいは漏水するため、管網中の給水取りだし点の地面上残存水頭が低下することにより生起するものとする。水圧不足時における可能取りだし水量には、給水栓高さなどが関与し、一概に論じ得ないが、従来からの配水支管における許容最低水圧が1. 5~2. 0 kgf/cm<sup>2</sup>とされていることから地面上残存水頭Hがある限界水頭H<sub>0</sub>を下回る場合には、取りだし水量は徐々に減少

しその度合いは損失水頭公式などから想定される残存水頭の0.5乗則程度であると考えて、

$$q = \begin{cases} q_0 & H > H_0 \\ q_0 (H/H_0)^{1/2} & H \leq H_0 \end{cases} \quad (7.1)$$

と仮定した。ここに $q$ は取り出し水量、 $q_0$ は平常時取り出し水量(需要量)であり $H_0$ は15mとした。管破損による漏水量は破損ヶ所数、破損の程度、管水圧等に関係する。水圧と漏水量の関係は従来からよく検討されてきた。漏水孔をオリフィスと見成すならば漏水量は水圧の0.5乗程度に比例し、周辺土壤中への浸透流と考えるならば水圧の1乗に比例する。そこで、今、後者を採用し、破損1ヶ所当りの漏水量 $q_L$ と地面上残存水頭 $H$ との間に

$$q_L = C_L H \quad (7.2)$$

が成立すると考え $C_L$ を漏水係数と称する。漏水係数は管破損状況に強く依存しており、一概に論ずることはできないが、例えば、宮城県沖地震時の漏水係数を種々の報告値から推定してみると、表7.7のようになる。本章ではこれらの値を参考にして $C_L = 10^{-4} \sim 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ 程度の値を想定した。

管破損ヶ所数に関してはすでにその概数を示した。今、管長1km当りの破損個所数を破損率 $\lambda$ と称することにしよう。住友ら<sup>3)4)</sup>は破損率に関し宮城県沖地震時<sup>5)</sup>の報告値をもとに、盛土地0.375、谷底・氾濫平野1.685、自然堤・砂洲1.509、岩盤から1,000m以内の造成地0.797~1.869等の値を求め、さらに土岐の研究<sup>6)</sup>を参考として震度4, 5, 6, 7での $\lambda$ の比を0.18:1.0:3.93:13.70とした。本章では、以下これらの値を基本とすることとする。

表7.7 漏水係数の推定

|          | 漏水係数( $\text{m}^2/\text{s}$ ) | 破損箇所数 | 推定漏水量                               |            |
|----------|-------------------------------|-------|-------------------------------------|------------|
| 仙台市上水道   | $2.5 \times 10^{-4}$          | 233   | 101700 $\text{m}^3/\text{d}$        | 宮城県沖地震     |
| 仙台市上水道   | $2.9 \times 10^{-5}$          | 319*  | 16400 $\text{m}^3/\text{d}$         | 同上、漏水調査による |
| 塩釜市上水道   | $3.8 \times 10^{-4}$          | —     | 661 $\text{m}^3/\text{d}/\text{箇所}$ | 同上         |
| 塩釜市工業用水道 | $1.7 \sim 1.8 \times 10^{-4}$ | 7     | 2088~2160 $\text{m}^3/\text{d}$     | 同上         |

\*は漏水箇所数を示す。残存水頭を20mとして計算した。



### 7-3 詳細なモデルによる連絡管効果の定量化

本節では比較的詳細な管網解析により連絡管効果の定量化を試みる。使用した管網データは各事業体から提供された管網図中の大中配水管を読み取り作成したものである。

#### 7-3-1 計算の詳細

使用管網データの一覧を表7.8に示す。これにより、県内上水道配水管総延長4,888.8kmのうち約35%をモデル化していることになる。計算に必要な地盤高は5万分の1地形図等から1kmメッシュ（一部では250mメッシュ）で読み込んだものを使用した。（図7.2）。また、需要量データは人口密度データ（図7.3）に各事業体原単位を乗じ作成した。計算にあたって、圧力設定などの境界点については以下のように行った。

まず、前述した配水拠点中、連絡管設置前の管網に関し、単連結部1ヶ所につき1点の割合で主配水拠点を定め、圧力設定節点と考えた。主配水拠点以外の配水拠点は注入流量設定点とした。さらに、管網図中にて主要な圧力調整施設約60点については、連絡管設置前管網にて各節点の取り出し水圧が $1.5 \text{ kgf/cm}^2 \sim 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ となるように加圧・減圧量を調整した。その結果、平常時においてはどの節点においても必要とする需要水量を得ることができる。本モデルは実際管網に比較的忠実なものではあるが、実際では計算で配慮し得ていない種々の手法により実質上の給水水頭をなんらかの目標値 $H_0$ 、例えば20mに設定していると考えた方が都合よく妥当な場合も多いであろう。言い替えるならば、災害・事故時での圧力低下に伴う取り出し水量算定には計算上の地面上残存水頭よりも、平常時での給水水頭からの低下分を指標とした方が良いと考えられる。以上の考察から圧力低下時の取り出し水量算定には次の換算給水水頭 $H_c$ を用いる。

$$H_c = H_0 - (H_{01} - H_{02}) \quad (7-3)$$

ここに、 $H_{01}$ は平常時計算地面上残存水頭であり、 $H_{02}$ は災害・事故時計算地面上残存水頭である。

管網解析には、節点エネルギー位解析法による定式化を行い、速度公式にはヘーゼン・ウィリアム式を使用した。採用した流速係数は130（m, s単位）である。定式化された連立非線型方程式は逐次計算法による求解を行った。この際、逐次計算回数が小さい間は減速ニュートン法により、解の近似度が高まった段階にてニュートン法に切り替える方式を採用した。切り替えは解補正項の符号が一定した節点から漸次行っている。線型法、ニュートン法にて発生する連立一次方程式の求解には前処理付き共役勾配法及び前処理付き共役残差法を採用した。収束判定基準は圧力修正量の最大値で $10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$ としている。

計算の主たる部分は京都大学大型計算機により行ったが、設定条件の入力、計算結果の

表7.8 解析管網一覧

| 都市  | コード | 節点数  | 管路数  | 管延長(km) | 管体積(m³) | 管路総延長(km) |
|-----|-----|------|------|---------|---------|-----------|
| 砺波  | 8   | 144  | 166  | 116.7   | 11386.9 | 246.8     |
| 高岡  | 2   | 283  | 314  | 170.5   | 17377.3 | 547.5     |
| 射水  | 3   | 165  | 190  | 132.1   | 16108.0 | 511.7     |
| 富山  | 1   | 458  | 594  | 364.1   | 29062.1 | 1620.5    |
| 小矢部 | 9   | 180  | 188  | 114.1   | 3255.0  | 119.0     |
| 氷見  | 5   | 118  | 125  | 99.0    | 6621.5  | 268.6     |
| 魚津  | 4   | 108  | 113  | 55.2    | 1992.6  | 176.3     |
| 滑川  | 6   | 107  | 122  | 65.1    | 1356.7  | 159.0     |
| 八尾  | 1 8 | 67   | 74   | 36.1    | 922.1   | 75.3      |
| 大山  | 1 1 | 68   | 70   | 32.5    | 599.9   | 52.4      |
| 大沢野 | 1 0 | 78   | 86   | 45.8    | 460.7   | 147.2     |
| 井波  | 3 1 | 60   | 65   | 28.7    | 367.2   | 62.7      |
| 庄川  | 3 0 | 27   | 29   | 13.8    | 200.9   | 32.7      |
| 立山  | 1 4 | 194  | 207  | 95.5    | 847.5   | 166.9     |
| 福光  | 3 4 | 98   | 106  | 61.0    | 1933.6  | 150.7     |
| 上市  | 1 3 | 108  | 122  | 57.2    | 1311.3  | 115.5     |
| 婦中  | 1 9 | 128  | 138  | 72.5    | 1358.5  | 124.6     |
| 城端  | 2 6 | 75   | 81   | 38.3    | 617.0   | 99.0      |
| 福野  | 3 3 | 66   | 75   | 43.2    | 1745.7  | 125.5     |
| 黒部  | 7   | 105  | 113  | 51.3    | 758.4   | 86.0      |
| 県全域 |     | 2637 | 2978 | 1692.7  |         |           |

管路総延長は“富山県の水道，1983年版”に記載されたもの

出力にはマイコンを使用し、任意に想定した連絡管による効果を即座に表示できるよう工夫されている。

### 7-3-2 計算結果

#### (1) 広域震災時のシミュレーション

本例は富山県全域にわたる震災が発生した時の給水不足率を算定したものである。破損ヶ所の算定は以下のように行った。まず、破損は管路どの部分においても一様に発生すると仮定する。その結果、管路長  $x$  km で破損の発生する確率は  $1 - \exp(-\lambda x)$  となる。そこで、各節点毎にそれに接続する管総延長の  $1/2$  を割当て、その長さに応じて上

記の破損確率を算定し、その確率に応じモンテカルロ法によって、その節点が破損節点であるか否かを決定する。

図7.4(a)は計算結果の1例であり、連絡管設置前の給水不足率分布を図示したものである。この図は給水不足率を1kmメッシュで平均し表示したもので、漏水係数 $C_L$ が $1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ の例である。これに比べ、図7.4(b)は、広域化第三段階・密結合における給水不足率分布図であり、図7.4(a)に比べ高岡市、小矢部市などで給水不足率が改善されていることが判る。

## (2) 富山市を中心とする震災のシミュレーション

一方、被災が局地的に発生する場合には連絡管によって給水不足が大幅に緩和する場合がある。図7.5(a)は1971年に発生したサンフェルナンド地震時の管破損度の状況をもとに、震央距離 $\Delta$ と漏水係数 $C_L$ の間に

$$C_L = \begin{cases} C_{L0} & (\Delta \leq \Delta_0) \\ C_{L0} (\Delta / \Delta_0)^{-2} & (\Delta > \Delta_0) \end{cases} \quad (7-4)$$

とし、震央を富山市中心に置いた場合である。連絡管設置前(図7.5(a))及び連絡管設置後(150mm径、第三段階密結合、図7.5(b))を比較してみると比較的大きな給水不足率改善がなされていることが判る。また、図7.5(c)は連絡管管径を150mmとした時の連絡管設置前、広域化第三段階・密結合における給水不足率を比較したものである。横軸に給水不足率を、縦軸にその給水不足率以上の被害を受ける給水面積の、全給水面積に対する比を示し図示している。

この例は、富山市(給水人口289,620人)を周辺の小事業体で救援する場合であり、震央から離れかつ連絡管に近接した地区の水不足はある程度解消されるものと推定されるが、被災地域全域に渡って水不足を解消できないことは容易に推測できる。

## (3) 中小事業体における局所的な災害のシミュレーション

それでは、被災がより局所的になり、それに比べ救援事業体の規模が総体的に大きくなればどうか。例えば、と波市は給水人口33,289人の富山県内では中規模の水道事業体であり、配水拠点としては中野、上中野配水場の他、全9配水点を持つ。しかるに、中野、上中野配水点からの配水量は全体の70~80%を締めており、両配水池あるいはこれに接続する配水主管の欠損は申告な水不足をもたらす。図7.6(a)は配水主管に大

きな破損を生じた場合の給水不足率を示したものであり、市内平均給水不足率は51.8%となっている。一方、広域化第三段階・密結合で設置した連絡管は、庄川町との間に2本、福野町との間に2本、小矢部市との間に3本、高岡市との間に3本、婦中町との間に1本（いずれも150mm径）であり、と波市救援のため、福野町、小矢部市ではそれぞれ41%、16.5%もの配水量増大を行っている。図7.6(b)は本例における累積給水不足率曲線の変化であり、激しい水不足が一様に改善されていることが判る。

被災事業体がさらに小規模の場合には、不足率緩和の度合いもより大きくなることが予想される。図7.7(a)は福野町（給水人口8,750人）の主配水池である森清配水池が欠損した時の給水不足率の累積を広域化第一段階・疎結合、広域化第三段階・密結合の場合についてプロットしたものである。本計算では福野町の配水拠点としては森清配水池のみを考慮しているため、連絡管設置前では完全な断水となる。図7.7(b)は同例における給水不足率の地域的分布及び連絡管設置位置を示したものであり、この段階

（広域化第一段階・疎結合）では井波町及び福光町との間に計2本の連絡管が設置されている。井波町との間の連絡管は欠損した配水池に接合されているため、本例では役にたたないが、福光町との間の連絡管は活躍し、給水不足率を100%から70~80%にまで低下させている。福野町需要水量は5,714.3m<sup>3</sup>/dでありその20~30%が福光町から移入してくることになる。広域化第三段階・密結合では井波町との間に3本、砺波市との間に2本、福光町との間に3本の連絡管が設置されている。（図7.7(c)）その結果、町内の半分程度の節点で10~30%、残りの節点では0~10%程度の給水不足率に改善されることになる。

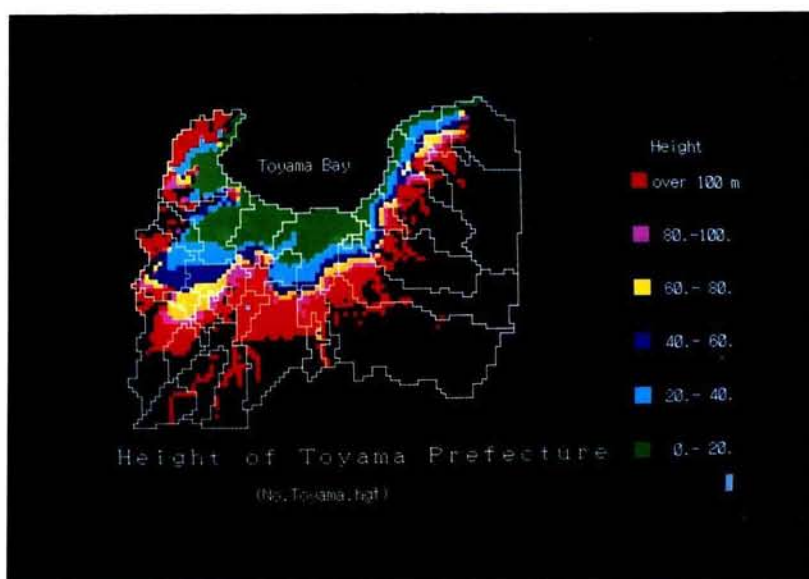


図7・2 計算に使用した地盤高のデータ  
5万分の1地形図から1 kmメッシュで読み取ったものである。

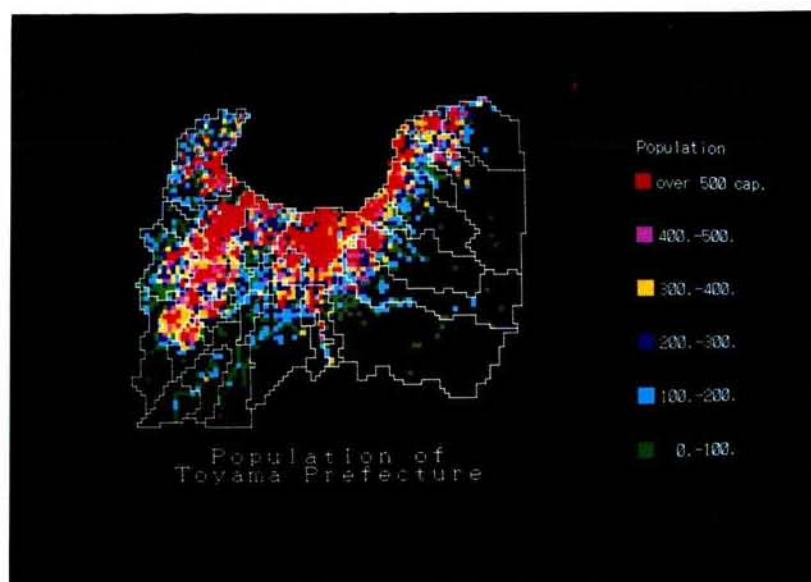


図7・3 計算に使用した人口密度データ  
管網からの引き抜き流量算定のもとである。

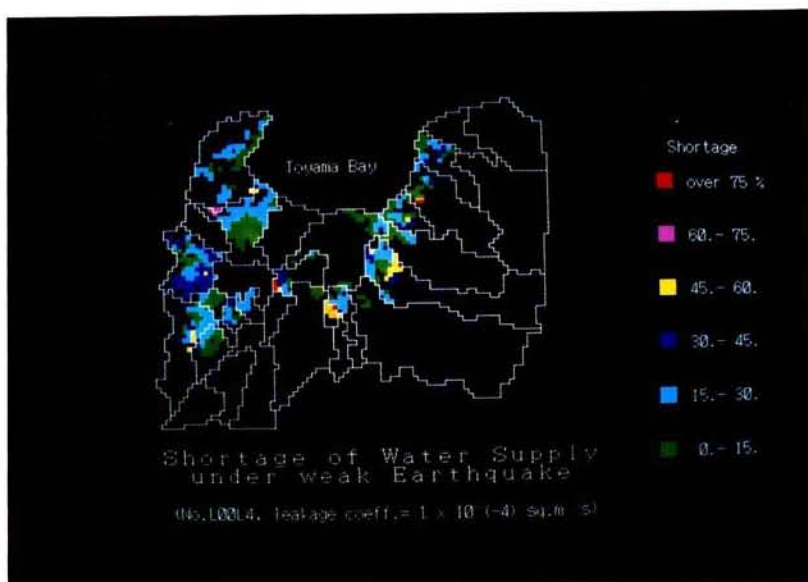


図7・4（a） 富山県全域にわたる震災を想定したときの給水不足率  
漏水係数 $=1 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ の場合

配水量：360,133.5  $\text{m}^3/\text{d}$ ，給水量：277,822.7  $\text{m}^3/\text{d}$   
事業体間での連絡管は設置していない。

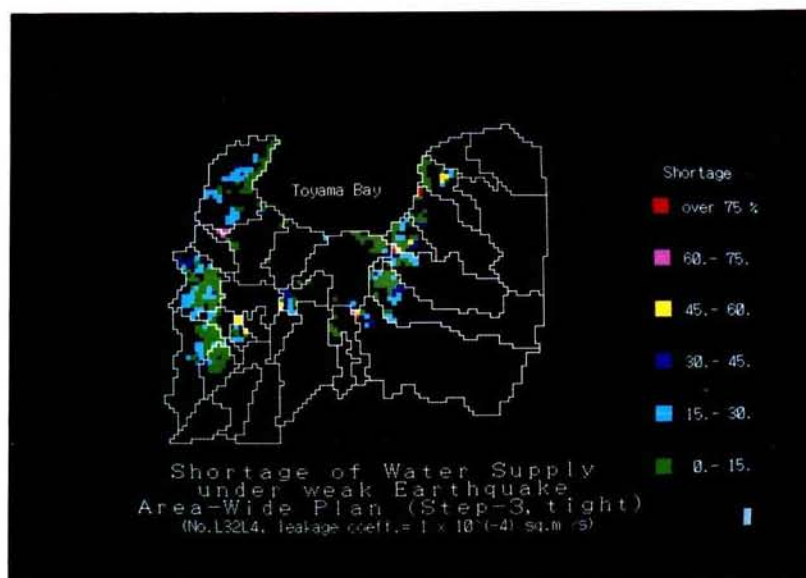


図7・4（b） 広域化第三段階・密結合

県内を一つに統合し、各事業体間は全70本の径300mm管で連結する。



図7・5（a） 富山市中心の震災が発生したときの給水不足率

連絡管を設置する以前

富山市に震源を置きそこからの距離の2乗に反比例して漏水係数が減衰すると考えたの。



図7・5（b） 富山市中心の震災が発生したときの給水不足率

広域化第三段階・密結合

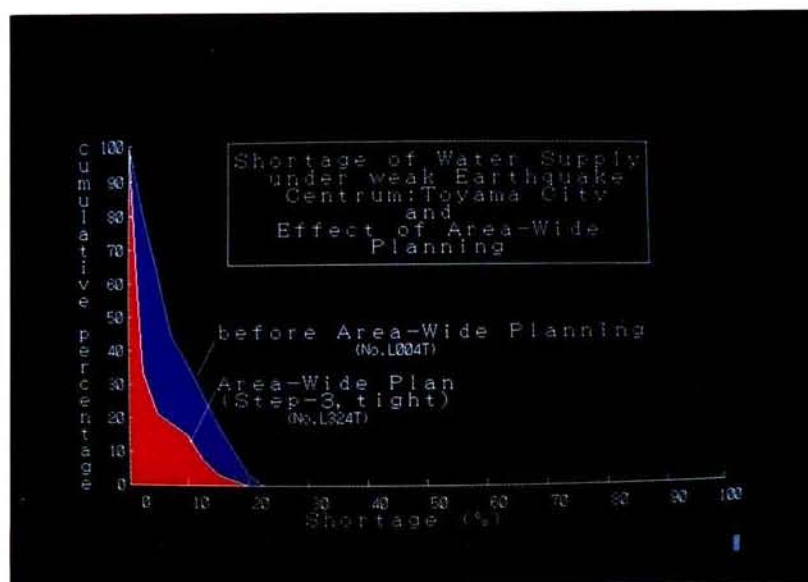


図7・5(c) 富山市中心の震災を想定したときの給水不足率累積連絡管設置による変化、連絡管無し、広域化第三段階・密結合を比較したもの。横軸に給水不足率を、縦軸にその給水不足率以上の被害を受ける面積の全関係面積(550km<sup>2</sup>)に対する割合を示す。



図7・6(a) 砥波市主配水池(中野・上中野配水池)付近の配水管の破損時の給水不足率  
連絡管設置以前



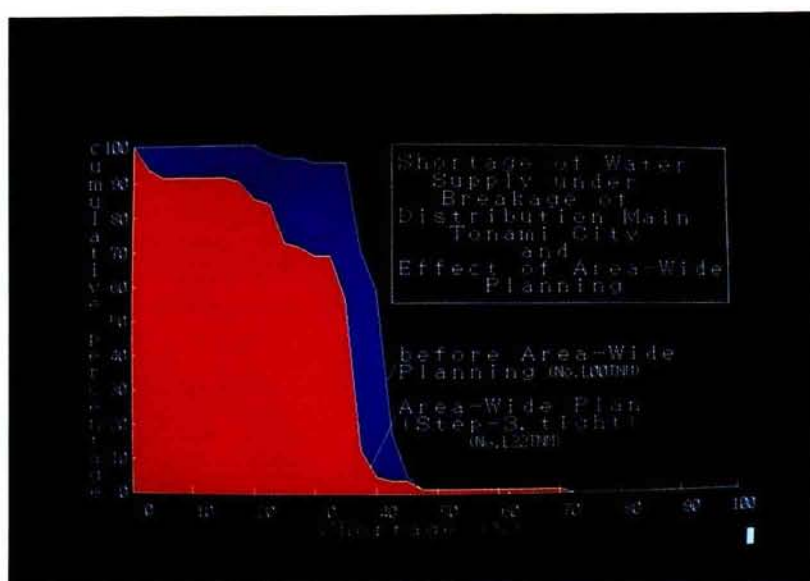


図7・6（b） 砺波市主配水池（中野・上中野配水池）付近の配水管の破損時の給水不足率累積

広域化以前、広域化第三段階・密結合を比較したもの。横軸に給水不足率を、縦軸にその給水不足率以上の被害を受ける面積の全関係面積（50 km<sup>2</sup>）に対する割合を示す。

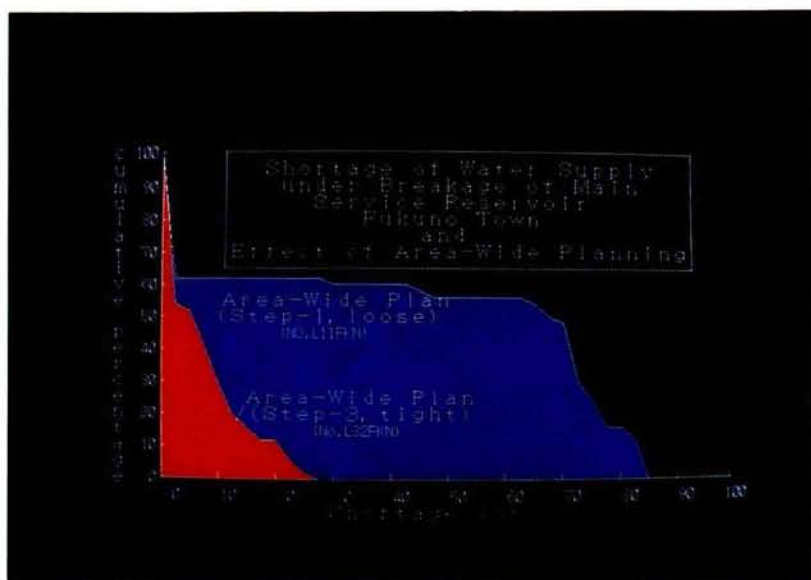


図7・7（a） 福野町主配水池（森清配水池）からの配水管の欠損時の給水不足率累積

広域化第一段階・疎結合、広域化第三段階・密結合を比較したもの。

横軸に給水不足率を、縦軸にその給水不足率以上の被害を受ける面積の全関係面積（50 km<sup>2</sup>）に対する割合を示す。



図7・7（b）福野町主配水池（森清配水池）からの配水管の欠損時の給水不足率  
広域化第一段階・疎結合



図7・7（c）福野町主配水池（森清配水池）からの配水管の欠損時の給水不足率  
広域化第三段階・密結合

#### 7-4 簡易モデルによる連絡管効果の定量化

本節では各水道事業体が1節点となる程度の簡略的な配水システムのモデルを考案し、このモデルを使用して連絡管効果の定量化を試みる。簡易モデルは、後の7-4-1にまとめるように7-3に述べた詳細モデルに対し以下の利点を持つ。

1) 計算が容易であり管破損等本来的に確率的な事象を模試するのに都合よい。

2) 論理がわかり易く理解し易い。

一方、欠点としては、以下の諸点を持つ。

1) 実際管網をかなり抽象化しており、適用性、再現性に限界がある。

2) モデル中に使用する各パラメータの検定が必要であり、モデル挙動全体としての検証も必要である。

3) 地域的表現度(詳細度)がおちる。

簡易モデルの要点は、主として7-2に述べた震後機能復活第三、第四段階を想定し事業体間連絡管効果を明確化するために、

1) 各事業体あるいは配水圧を1節点に置き替え、節点間リンクとしての連絡管を想定し、

2) 各事業体内での配水特性は節点方程式として集約化する。

ことにある。図7.8は、これを模式的に表現したものである。2)のような配水区内の配水機構を一つの関係式で表現しようとする試みは必ずしも目新しいものではない。Cross法以前の図解法、区画法などは配水能力を1、2の代数式の組合わせとして表現しようとしたものであるし、Cross法発表以降でも、Doland<sup>7)</sup>、McPherson<sup>8)</sup>、Gilman<sup>9)</sup>、DeMoyer<sup>10)</sup>が発表している一般化損失水頭式、レプリカモデルと称されるものも同様な主旨を持つ。ただし、それらは、いずれも配水区内の任意点における損失水頭が配水流量と一定の関係にあることを想定するものであり、本モデルのように配水区内の平均損失水頭と配水流量の関係を規定するものではないし、上記の要点1)のようにさらに大きいマクロ的な配水管網の1要素として位置付けられているものでもない。

簡易モデルの一般的な利・欠点については既に述べたが、特に、これを使用して連絡管効果を震後機能の側面から評価する理由は以下の通りである。

1) 3-2で述べた詳細なモデルによる解析では必要とする入力情報、計算労力が多大となり、さらにこの手法によって震災被害の予測を行うには細かいシナリオの設定を必要とするが、こうした作業は、必ずしも連絡管効果の見通しを与えず細部に拘泥した結果を与える可能性が高い。

2) 一方、富山県のような散村が多い地域に第6節で開発したような主に都市域を対象

として開発された2次元解析法を機械的に適用するには問題点も生ずる。

3) 震災パターンには様々なものが考えられ、その数ケースの結果をもって敷えんする方法では疑問となる点が多い。従って、効果定量化の第1段階としては、数多くの震災パターンと広域配水機構の要点を簡明に取り入れたモデルを開発・作成し、これによって広域配水システムの利害得失の概略を把握しておくのが都合がよい。

さて、本モデルのように実際管網を集約化しモデル化を行おうと試みるとときには、問題としている配水特性がその集約化によって損なわれてはいないかが問題となる。したがって本節においては、簡易モデルの詳細を解説した後に、3-3で述べた管網解析に基づく比較的詳細なモデルでの結果をもとに簡易モデルの検定・検証について触れる。その後、このモデルを使用して連絡管効果の定量化を行うことにする。連絡管効果の定量化にあたっては、震後の給水不足率低下によって評価するのは3-3と同様であるが、被害の状況が全県規模である広域地震の場合と、県内の特定の1事業体にのみ地震の被害があり、他は被害が生じない局所地震の2つのケースを想定する。

#### 7-4-1 簡易モデルの詳細

簡易モデルでは1事業体あるいは配水区を1節点とし、その節点の流量収支式及び連絡管を主とした損失水頭式を基本式として設定する。

まず、節点での流量収支式は次のように定式化する。

$$dV_i / dt = Q_i + \sum_j^N T_{ji} - (L_i + S_i) \dots \dots \dots (7 \cdot 5)$$

ここに  $V_i$  : 第  $i$  事業体内貯留水量

$Q_i$  : 第  $i$  事業体自己水源による配水量

$T_{ji}$  : 第  $j$  事業体から第  $i$  事業体への連絡管流量

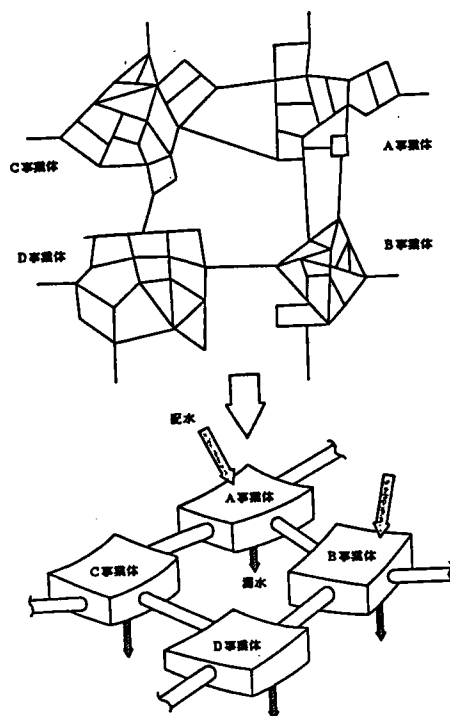


図7・8 簡易モデルの概念図

$L_i$  : 第  $i$  事業体での無効水量 (漏水量)

$S_i$  : 第  $i$  事業体での有効水量

$t$  : 時刻

である。いま、全  $N$  事業体が連絡管及び連絡管群によりネットワーク状に連絡されている場合を想定しよう。各連絡管群での損失水頭  $H_{ji}$  は  $T_{ji}$  によって記述されたとすれば、

$$H_{ji} = f_{ji}(T_{ji}) \quad (7 \cdot 6)$$

なる連絡管群に関する拡張された損失水頭式とでも称する式を得ることができる。さらに各事業体節点にその事業体内平均残存水頭に相当する節点エネルギー位  $H_i$  を割当て、

$$H_{ji} = H_j - H_i \quad (7 \cdot 7)$$

と定義しておく。式 (7・5) 中の  $Q_i$ 、 $L_i$ 、 $S_i$  及び  $V_i$  は概略的には  $H_i$  の関数として近似できるのであろうから、式 (7・5) は結局  $H_i$  のみに関する方程式系となり、各事業体のエネルギー位、ひいては連絡管流量、有効水量などを算出することができる。式 (7・5) は各事業体の貯留水量  $V_i$  による経時的な変化を考慮したものであり、災害の時間スケールによっては、この成分を積極的に利用することによって被災の緩和を図ることが考がえられるが、本節では 7-2 に述べたように比較的長時間スケールの災害を取り扱うことにし、この効果は考えないことにする。 $Q_i$ 、 $L_i$ 、 $S_i$  及び  $T_{ji}$  と  $H_i$ 、 $H_j$  の依存性に関しては以下のように想定する。

(1) 配水量 :  $Q_i$

配水量  $Q_i$  は、配水拠点での配水水圧  $H_{di}$  と  $H_i$  の差に依存すると考え、

$$Q_i = K_{Hi} (H_{di} - H_i)^{m_2} \quad (7 \cdot 8)$$

あるいは、

$$H_{di} - H_i = C_{oHi} Q_i^{1/m_2} \quad (7 \cdot 9)$$

と仮定する。ここに  $K_{Hi}$  : 第  $i$  事業体配水管網通水能、 $m_2$  : 定数、 $C_{oHi}$  : 第  $i$  事業体配水管網通水抵抗、である。

(2) 無効水量 (漏水量) :  $L_i$

7-2 にならい、破損 1 ケ所当りの漏水量を  $C_{Li} (H_i - H_{oi})$  とすれば事業体内の全無効水量  $L_i$  は

$$L_i = \begin{cases} N_{Li} C_{Li} (H_i - H_{oi}) & H_i \geq H_{oi} \\ 0 & H_i < H_{oi} \end{cases} \quad (7 \cdot 10)$$

となる。ここに、 $N_{Li}$ ：第  $i$  事業体管破損ヶ所数、 $C_{Li}$ ：第  $i$  事業体平均漏水係数、 $H_{0i}$ ：第  $i$  事業体平均地盤高、である。

(3) 有効水量： $S_i$

7-2 にならい、残存水頭  $H_i - H_{0i}$  の大きさによって需要する水量の取りだし率を変化させることにし、事業体平常時有効水量  $S_{0i}$  との間に

$$S_i = \begin{cases} S_{0i} & H_i \geq H_a + H_{0i} \\ S_{0i} \left( (H_i - H_a - H_{0i}) / H_a \right)^{1/2} & H_a + H_{0i} > H_i \geq H_{0i} \\ 0 & H_{0i} > H_i \end{cases} \quad (7.11)$$

を仮定する。ここに  $H_a$  は式 (7.1) にて設定した影響発生限界残存水圧であり、 $S_{0i}$  は事業体給水人口  $p_i$  及び一日平均給水量  $q_{0i}$  との間に

$$S_{0i} = p_i \cdot q_{0i} \quad (7.12)$$

なる関係を持つものとする。

(4) 連絡管流量： $T_{ji}$

事業体  $j$  から事業体  $i$  への連絡管流量  $T_{ji}$  に関しては式 (7.6) に述べたように  $H_{ji}$  によって定められると仮定し、その関数型を平均流速公式にならい、

$$T_{ji} = K_{Tji} H_{ji}^{m1} \quad (7.13)$$

あるいは

$$H_{ji} = C_{OTji} T_{ji}^{1/m1} \quad (7.14)$$

なる式で表す。ここに  $K_{Tji}$ ：第  $j$ ，第  $i$  事業体間連絡管群通水能、 $C_{OTji}$ ：第  $j$ ，第  $i$

事業体間連絡管群通水抵抗、 $m_1$ ：定数である。 $K_{Tji}$ あるいは $C_{OTji}$ は連絡管による通水抵抗のみならず事業体内配水管による通水抵抗も加わったものである。

以上、式(7.7)～(7.14)により式(7.5)を構成する各要素の動力学を設定した。これらの関係を式(7.5)に代入し式(7.15)を得る。

$$\begin{aligned} dV_i/dt = & K_{Hi} (H_{di} - H_i)^{m_2} + \sum_j^N K_{Tji} (H_j - H_i)^{m_1} - \{ \max \{ 0, N_{Li} \\ & C_{Li} (H_i - H_{oi}) \} \} + \min \{ S_{oi}, S_{oi} \max \{ (H_i - H_a - H_{oi}) / H_a, 0 \} \\ & ^{1/2} \} = 0 \\ & i = 1, 2, \dots, N \end{aligned} \quad (7.15)$$

式(7.15)は $H_1, H_2, \dots, H_N$ を未知変数とする連立 $N$ 元方程式をなす。本式の解は、通常の方程式解法、例えば、ニュートンラプソン法によって容易に得ることができる。

#### 7-4-2 簡易モデルの検定と検証

上に述べてきた $Q_i, T_{ji}$ の $H_i, H_j$ に対する依存型を示す式(7.8)及び(7.13)は、管網あるいは連絡管群の水理学的挙動を規定したものであった。しかるに、その妥当性は不明であり別途検討する必要がある。この点について本節では、式(7.8)及び式(7.13)に含まれるパラメータ $K_{Hi}, K_{Tji}$ の検定作業を通じ行う。検定法としては7-3で開発した詳細なモデルによる計算結果と簡易モデル計算結果を比較することによる。さらに、このようにして決定したパラメータを使用して簡易モデル全体の挙動がどの程度再現されるかを検討する。

##### (1) 事業体配水管網通水能： $K_{Hi}$

7-3の詳細なモデルにより、連絡管設置以前の各事業体自己配水量 $\hat{Q}_i$ 及び事業体内平均残存エネルギー位 $\hat{H}_i$ を求める。これを無漏水時及び漏水係数 $10^{-4} \sim 10^{-3} m^2/s$ の10ケースについて、繰返し以下の $\Phi_i$ が最小となるように $K_{Hi}$ 及び $H_{di}$ を定めた。

$$\Phi_i = \sum_{10 \text{ ケース}} \{ \hat{H}_i - \{ H_{di} - C_{oHi} \hat{Q}_i^{1/m_2} \} \}^2 \quad (7.16)$$

$$C_{oHi} = (K_{Hi})^{-1/m_2} \quad (7.17)$$

その際、 $m_2$ はヘーゼン・ウィリアム式から想定される0.54054とする及び $m_2$ をも未知パラメータに含める、の2方法を試みたが、いずれの方法によってもほぼ同じ程度の検定残差を得たため、以下では $m_2=0.54054$ と固定する方法を採用する。表7.9は算出されたパラメータ値である。 $K_{H1}$ あるいは $C_{OH1}$ （通水抵抗）は配水管網の総合的な水理特性を表し、管容積、管路延長、管網形状などの諸特性が複合されて発現されるものと考えられる。例えば上の方法によって得られた $C_{OH1}$ と管容積 $V_1$ の関係をプロットしてみると図7.9のようになる。すなわち、管容量が増大するにつれて通水抵抗は減少しその依存性は $-3/2$ 乗程度となる。但し、このような関係が一般的なものかどうかは今後の検討に待つ必要がある。

## (2) 連絡管群通水能： $K_{Tj1}$

$K_{H1}$ と同じく前節の詳細なモデルを使用し、無漏水時、漏水時の12ケースについて、連絡管流量 $\hat{T}_{j1}$ 、節点エネルギー位差 $\hat{H}_{j1}$ を求め以下の $\Phi_{j1}$ が最小となるように $K_{Tj1}$ を定めた。

この際、 $\hat{H}_{j1}$ 中に含まれる地盤高差に起因する部分は連絡管中に適宜圧力調整施設を設け補正可能であると考え、検討対象外とした。この操作は具体的には配水拠点での配水圧を全事業体について一定とし、主として地形起伏のために挿入されていたポンプ場、減圧弁を撤去することにより行った。

$$\Phi_{j1} = \sum_{12 \text{ ケース}} \{ \hat{H}_{j1} - C_{OTj1} \hat{T}_{j1}^{1/m_1} \}^2 \quad (7.18)$$

$$C_{OTj1} = (K_{Tj1})^{-1/m_1} \quad (7/19)$$

$m_1$ に関してはヘーゼン・ウィリアム式から想定される0.54054と設定した。これは $m_1$ を未知パラメータとしても式(7.18)の検定残差がそれほど改善されなかった理由による。図7.10は検定図の一例である。本章で取り扱った富山県連絡管設置計画では密結合を27組の事業体間にて、疎結合を19組の事業体間にて想定する。また、各結合を150mm, 300mm, 500mmの3種の管径で行い、各々の場合における通水能を求めた。

$K_{Tj1}$ は第j事業体管網から第i事業体管網に至る通水能であり、連絡管群による水理的抵抗がその構成要素であることは疑いないが、その主体であるかは一概に言えない。実際、設置管距離及び管径から算定した通水抵抗と本方法によって求められた通水抵抗を比



表7.9 事業体内管網通水抵抗簡易モデルの通水抵抗

Hd, 水頭の単位はm,  $C_0$ の単位はm, dである.

| 都市名  | 都市コード | Hd     | $C_0$     |
|------|-------|--------|-----------|
| 富山   | 1     | 97.24  | 1.355E-09 |
| 高岡   | 2     | 98.50  | 1.761E-08 |
| 射水   | 3     | 99.80  | 3.448E-09 |
| 津    | 4     | 97.00  | 3.062E-08 |
| 水見   | 5     | 94.34  | 2.507E-08 |
| 滑川   | 6     | 90.38  | 7.974E-08 |
| 黒部   | 7     | 81.43  | 3.245E-07 |
| 磯波   | 8     | 99.89  | 1.259E-08 |
| 小矢部  | 9     | 100.18 | 2.321E-07 |
| 大沢野  | 10    | 75.44  | 3.757E-07 |
| 大山市  | 11    | 98.25  | 3.249E-07 |
| 立山   | 13    | 98.94  | 1.895E-07 |
| 八尾   | 14    | 95.52  | 1.171E-07 |
| 婦中   | 18    | 100.70 | 3.272E-07 |
| 城端   | 19    | 100.09 | 1.336E-07 |
| 庄川   | 26    | 96.54  | 5.216E-07 |
| 井波   | 30    | 130.89 | 0.0000352 |
| 福野   | 31    | 94.73  | 8.71E-07  |
| 福光   | 33    | 97.70  | 1.766E-07 |
|      | 34    | 99.52  | 4.005E-07 |
| 平均値  |       | 97.35  | 1.968E-06 |
| 標準偏差 |       | 10.20  | 7.825E-06 |

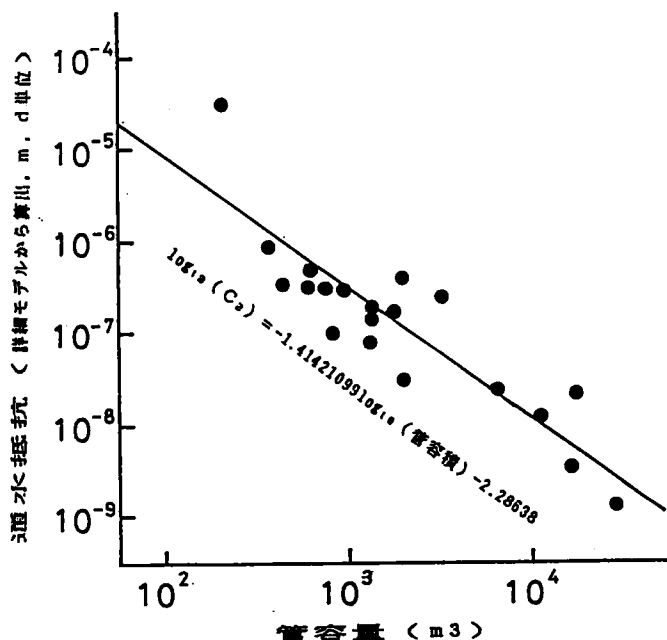


図7.9 通水抵抗 ( $C_0$ ) と管容積の相関

相関係数 = -0.89876である。

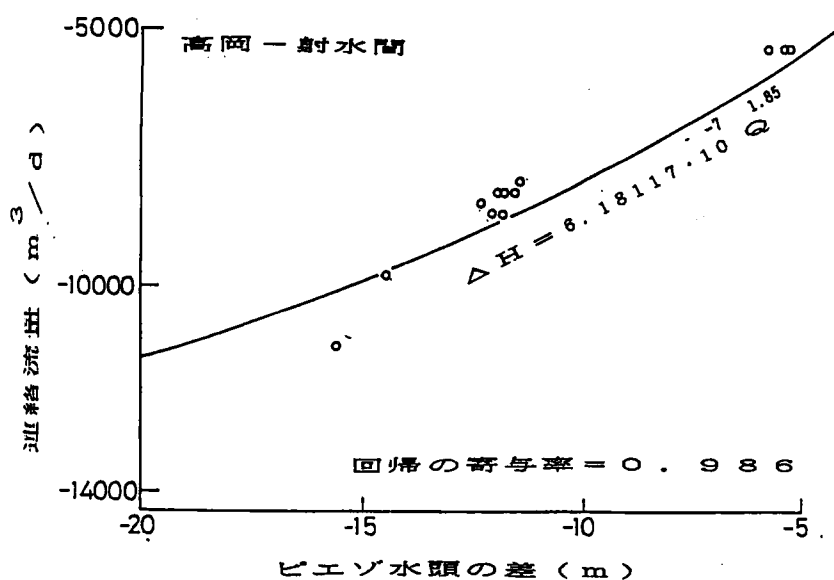


図7.10 事業体間平均ピエゾ水頭及び連絡流量の相関  
高岡一射水間の例 連絡間数6本、密結合、管径150mm

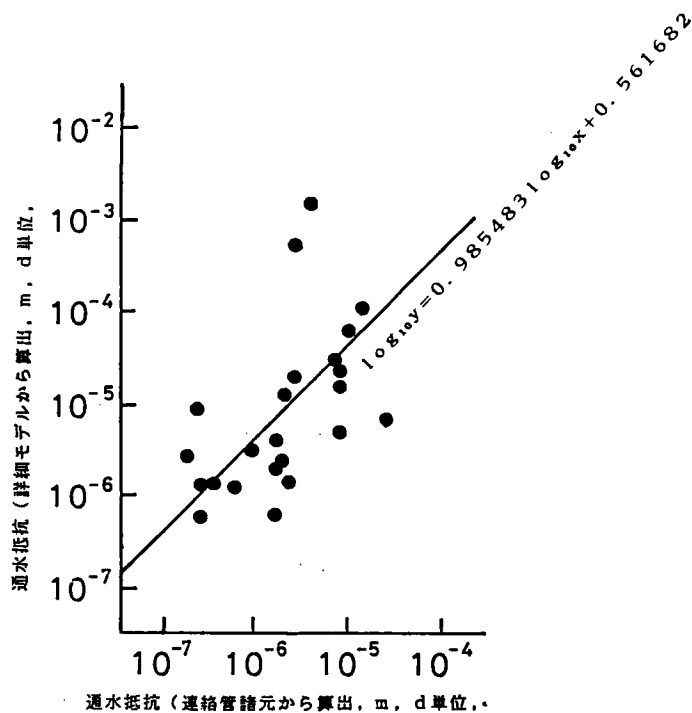


図7.11 事業体間連絡管の通水抵抗、事業体間平均ピエゾ水頭及び連絡流量から算出した値と連絡管諸元から求めた値の相関、密結合、管径150mm

較してみた例を図7. 11 に示すが、両者の相関は高いものではなく(0. 719)、また、本法による $C_{TJ1}$ は連絡管群のみによる抵抗の3～4 倍程度の数値にもなっている。

### (3) 簡易モデルによる連絡管流量、給水不足率の再現性

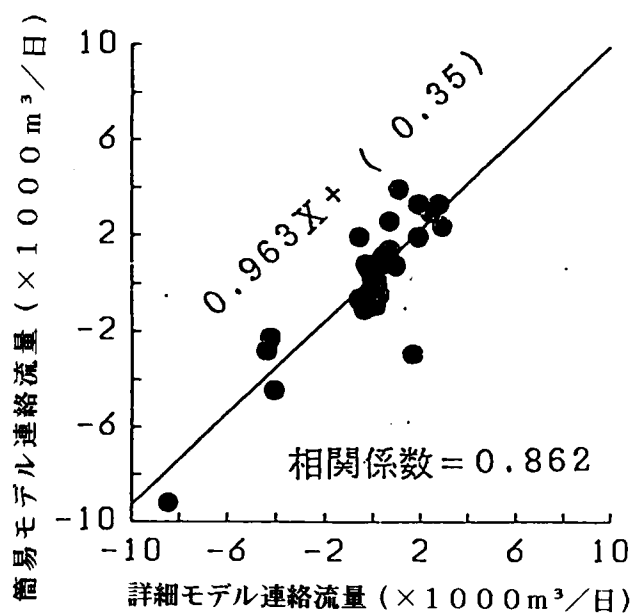
各事業体内の配水特性、連絡管の抵抗特性は以上のようにして検定し得るが、これらを組み合わせることにより災害時における系全体としての再現性を連絡管流量及び給水不足率の2点から検討した。検討ケースは漏水係数 $10^{-4}$ 、 $3 \times 10^{-4}$ 、 $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ の3段階に広域化・管設置密度7段階(連絡管径は150 mmとした)を組み合わせた21ケースである。例えば、図7. 12 (a)は横軸に詳細なモデルによる連絡管流量をとり、縦軸に簡易モデルによる連絡管流量をとってプロットしたものである。また、図7. 12 (b)は同様のプロットを給水充足率(1－給水不足率)に関し行ったものである。21ケースを通じ、このような作業を行い、詳細なモデルと簡易モデルの計算結果間にどの程度の差異があるかを算定したところ、例えば充足率に関しては表7. 10のような結果を得た。連絡管流量に関してもほぼ同様である。表7. 10のうち漏水係数が $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ の時の成績が悪いがこれは漏水量が小さいため変数幅が狭くなることに起因しており、本質的な障害とみなす必要はない。

その他、各事業体の配水量、給水量、連絡流量及び漏水量の収支割合等を両モデルについて比較し大きな変化が見られなかったこと等から、簡易モデルにより災害時における連絡管効果の定量化は可能であると判断し、以後の解析に使用する。

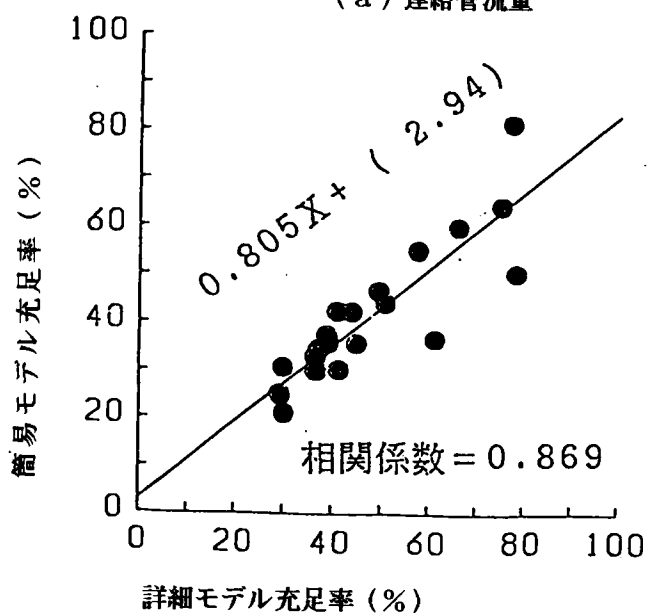
#### 7-4-3 簡易モデルによる給水充足率変化の解析

本節で考察対象とした連絡管設置状況は連絡管無し、300 mm径、500 mm径に広域化・設置密度6段階を組み合わせた18ケースであり、これに地震震度が4, 5, 6, 7と変化し、かつ被災地域が全県にわたるもの(広域地震)、1事業体のみに限定されるもの(局所地震)の各場合を想定した。これらの地設定は震度に関しては破損率 $\lambda$ を変化させることにより、被災の地域スケールに関しては被災地域以外の $\lambda$ を0と設定することにより行った。設定した $\lambda$ は震度4にて0. 18震度5にて1、震度6にて3. 93震度7にて13. 70(いずれも1/km単位)である。災害の確率的な性質を考慮して、同一な管設置・地震設定状況にて500回の被災計算の試行を行った。以下、広域地震、局所地震の順に述べる。

##### 1) 広域地震



(a) 連絡管流量



(b) 充足率

図7. 12 簡易モデルと詳細モデルの比較例

広域化第3段階密結合、漏水係数  $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ 、150 mm

簡易モデルと詳細モデルの比較（充足率）

| データ名       | データ数 | 傾き(a)  | 切片      | 寄与率    | F値      | 危険率    | 判定1 | 判定2 |
|------------|------|--------|---------|--------|---------|--------|-----|-----|
| L0030      | 20   | 0.8697 | 0.0239  | 0.8420 | 3.6816  | 0.0457 | +   | +   |
| L0035      | 20   | 0.9002 | 0.1335  | 0.8430 | 9.6794  | 0.0014 | -   | +   |
| L0040      | 20   | 0.4476 | 0.5635  | 0.4592 | 33.7833 | 0.0001 | -   | -   |
| L1130      | 20   | 0.8918 | -0.0177 | 0.8159 | 9.9260  | 0.0012 | -   | +   |
| L1135      | 20   | 0.9890 | 0.0273  | 0.8514 | 1.0042  | 0.3860 | +   | +   |
| L1140      | 20   | 0.2608 | 0.7352  | 0.1475 | 22.4808 | 0.0001 | -   | -   |
| L1230      | 20   | 0.9569 | 0.0045  | 0.7979 | 9.0872  | 0.0019 | -   | +   |
| L1235      | 20   | 0.9782 | 0.0420  | 0.8714 | 2.4105  | 0.1182 | +   | +   |
| L1240      | 20   | 0.2460 | 0.7572  | 0.1637 | 33.5216 | 0.0001 | -   | -   |
| L2130      | 20   | 0.8828 | -0.0141 | 0.8186 | 10.5548 | 0.0009 | -   | +   |
| L2135      | 20   | 0.9778 | 0.0358  | 0.8499 | 1.0182  | 0.3811 | +   | +   |
| L2140      | 20   | 0.2570 | 0.7391  | 0.1456 | 23.0345 | 0.0001 | -   | -   |
| L2230      | 20   | 0.8246 | 0.0146  | 0.8155 | 12.8248 | 0.0003 | -   | +   |
| L2235      | 20   | 0.8869 | 0.1125  | 0.8694 | 3.8534  | 0.0405 | +   | +   |
| L2240      | 20   | 0.1517 | 0.8490  | 0.1188 | 74.9948 | 0.0001 | -   | -   |
| L3130      | 20   | 0.8751 | -0.0089 | 0.8129 | 10.1269 | 0.0001 | -   | +   |
| L3135      | 20   | 0.9722 | 0.0425  | 0.8506 | 1.3336  | 0.2883 | +   | +   |
| L3140      | 20   | 0.2484 | 0.7474  | 0.1380 | 23.8182 | 0.0001 | -   | -   |
| L3230      | 20   | 0.8053 | 0.0294  | 0.7547 | 9.0338  | 0.0019 | -   | +   |
| L3235      | 20   | 0.9221 | 0.0870  | 0.8131 | 2.6124  | 0.1009 | +   | +   |
| L3240      | 20   | 0.3356 | 0.6723  | 0.2245 | 33.3814 | 0.0001 | -   | -   |
| 最大値        |      | 0.9890 | 0.8490  | 0.8714 | 74.9948 | 0.3860 |     |     |
| 最小値        |      | 0.1517 | -0.0177 | 0.1188 | 1.0042  | 0.0001 |     |     |
| 平均値        |      | 0.6943 | 0.2655  | 0.6192 | 15.8172 | 0.0652 |     |     |
| 最大値 (除く40) |      | 0.9890 | 0.1335  | 0.8714 | 12.8248 | 0.3860 |     |     |
| 最小値 (除く40) |      | 0.8053 | -0.0177 | 0.7547 | 1.0042  | 0.0001 |     |     |
| 平均値 (除く40) |      | 0.9023 | 0.0366  | 0.8290 | 6.2248  | 0.0977 |     |     |

F値、危険率算定にあたっての帰無仮説：簡易モデル出力 = a × 詳細モデル + b にて a = 1, b = 0  
 判定1：有意水準1% 判定2：0.8<傾き<1.2, 寄与率>0.5

表7・10 簡易モデルと詳細モデルの比較（充足率）

簡易モデルで算出された充足率と詳細モデルで算出された充足率を広域地震震度5、広域化1～3段階疎、密結合150mm径について両充足率回帰直線の係数を算出したもの。

傾き=1 切片=0が適合目標となる。

危険率とは、両連絡管流量が一致しているにもかかわらず、一致していないとみなす確率。また、除く40とは適合性が悪い $C_L=10^{-4}m^2/s$ シリーズのケースを除いたもの

図7. 13は、広域地震による給水充足率のヒストグラム例である。

震度5の時は、連絡管無し、連絡管管径150mmの場合、いずれの事業体においても充足率はほぼ10～20%程度を最頻値とし、左に片寄った山形をなし、連絡管の有無にそれほど左右されない。すなわち、管径150mmの連絡管であれば、震度5の地震が全県一様な破損確率を与えた場合、連絡管を広域化3段階密の状態に敷設しても、連絡管無しの場合と、各事業体の充足率の変化にはさほど影響がないということが判る。

ところが、連絡管管径を500mmにすると、連絡管無し、連絡管管径150mmの場合に充足率10～20%程度みられたピークがほとんどの事業体において5～10%程右に移行して充足率の改善がみられ、一方、150mm管径の場合60～100%にあった充足率部分が充足率の低い方に併合されてしまう。すなわち、連絡管無し、管径150mmでは充足率100%までなだらかな曲線でもって推移していたものが管径500mmになると、ほとんどの事業体で60～70%の充足率以下となり、事業体によっては50%以下になるところもみられる。ただし、魚津については管径500mmの場合もほとんど変化がなかった。

以上の結果から、県下一様の広域地震発生の場合は、管径150mmの細い連絡管であれば密に敷設しても、連絡管無しの場合に比較し充足率の分布にほとんど変化がない。しかし、管径500mm程度の太い連絡管を敷設することによって水の相互融通の効果が表れ、連絡管無しや管径150mmの場合に比べて、充足率の低い部分が高くなることが判る。一方、水の相互融通性が高まることにより管径150mmの場合には充足率が高かった部分も低くなって県下全体として充足率が平均化されることが判る。

## 2) 局所地震

県内の任意の1事業体のみに被災が限定される場合について検討する。この場合1ケース全500回の震災を県内20事業体で受け持つことになるため、各事業体は平均25回の直接的被災と475回の被災事業体救援を行うことになる。局所地震の場合は広域地震に比較して各々の事業体に対する被災、救援の役割が明確になるため連絡管の効果をより発揮できることが推定される。以下に、その効果を、震度、管径、広域化の程度の観点から検討する。

### (1) 震度による充足率の変化

連絡管管径150mm、広域化3段階密、震度4, 5, 6, 7の場合について充足率の変化状況を図に示す。これから、どの事業体も震度が大きくなるにつれて充足率が小さく

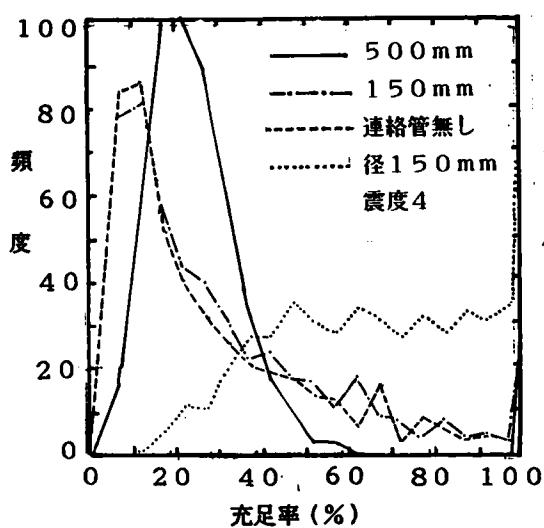


図7. 13 (a) 高岡

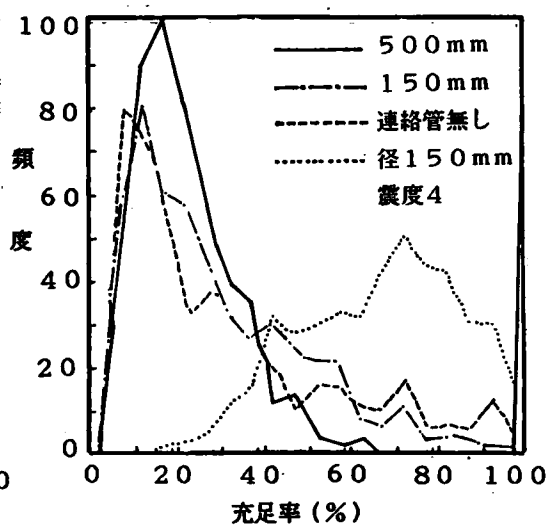


図7. 13 (b) 婦中

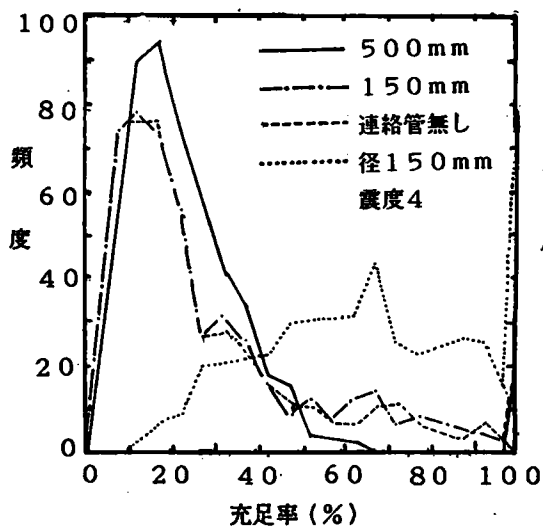


図7. 13 (c) 富山

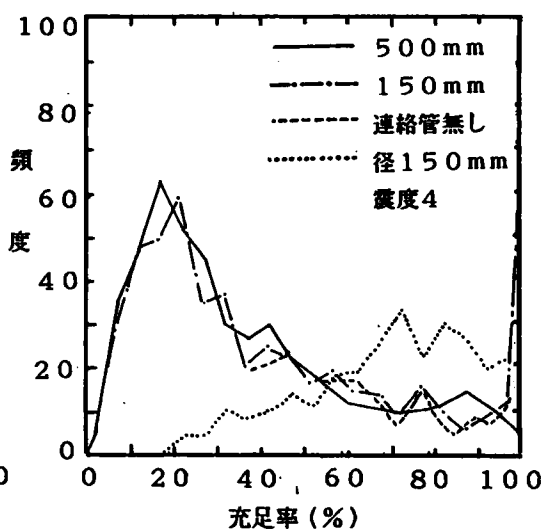


図7. 13 (d) 魚津

図7. 13 (a) ~ (d) 広域地震による充足率の変化

なる傾向にあることが判る。この充足率の低下には、事業体自らの被害によるものの他に隣接事業体が被害を受けることにより、その影響が波及して隣接事業体を救援するためのものがある。婦中などには救援のための充足率の低下がみられた。(図7.14)

一方、特定の1事業体が被害を受けた場合、被害事業体の平均充足率の変化と隣接救援事業体の平均充足率の変化を震度4～7について連絡管管径150mm、広域化3段階密の状況と連絡管無しとの差を算出し被害事業体と救援事業体の状況をみると表7.11になる。震度が大きくなるにつれて、被害事業体の平均充足率は小さくなる傾向にある。また砺波に被災が生じた時、小矢部、庄川にも影響がでる。特に、庄川への影響は大きい。井波に被害が生じたときにも庄川へ影響がでる。このようなことは福野の被害が井波、福光へ、福光の被害が城端へ、富山が婦中に、と同様のことがいえる。すなわち、近隣の大規模事業体が被害を受けた場合、小規模事業体は150mmの連絡管でも影響を受けることを示している。

## (2) 管径による充足率の変化

図7.15は、震度5、広域化第3段階密の場合の連絡管管径と給水充足率の関係を示したものである。連絡管無しでは充足率のピークが20%以下の事業体が数多くみられるが、管径を150mm、300mm、500mmと太くするにつれて各事業体とも充足率が高くなる。特に、管径500mmの場合の充足率の向上が著しい。

震度による充足率の変化の解析の時と同様、特定の1事業体が被害を受けた場合の被害事業体の平均充足率の変化と隣接救援事業体の平均充足率の変化を図7.16に示す。被害事業体の充足率の平均は、管径が大きくなるにつれてその値が大きくなっている。

連絡管の管径を変化させた時の被害事業体への救援による影響範囲を、表7.12に示す。これは、広域化3段階密の状態で管径150mm、300mm、500mmの場合について比較したものである。連絡管を敷設することにより、県内ほとんどの事業体で平均充足率の向上がみられる。管径150mmの場合、被害事業体の影響が及ぶものとして、砺波、井波、福野、福光、富山の4事業体がみられた。いずれも隣接の1事業体のみの平均充足率の低下を起こさせており、その他の事業体では連絡管の無い場合に比べて平均充足率に変化はみられなかった。

連絡管管径300mmになると、砺波等上記5事業体の平均充足率向上のため隣接する3～7事業体が影響を受ける。その他、高岡等4事業体において新たに近隣1事業体に影響を及ぼした。連絡管管径500mmでは、被災事業体救援のための影響を受ける事業体は大幅に増加し、例えば、射水が被害を受けた場合、影響を受ける事業体数は16事業体と県内大半の事業体から救援が行われた。6事業体以上に影響を及ぼす事業体には高岡、



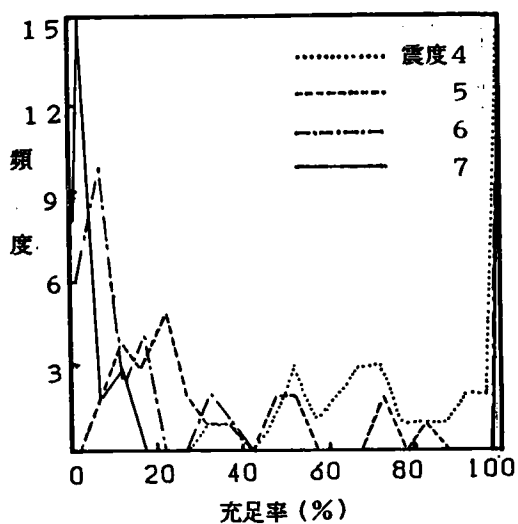


図7. 14 (a) 高岡

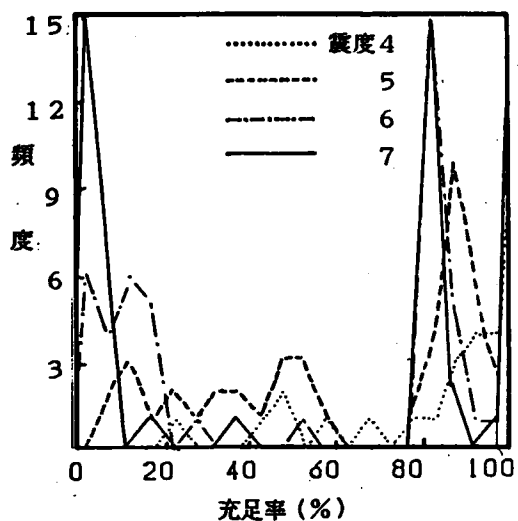


図7. 14 (b) 婦中

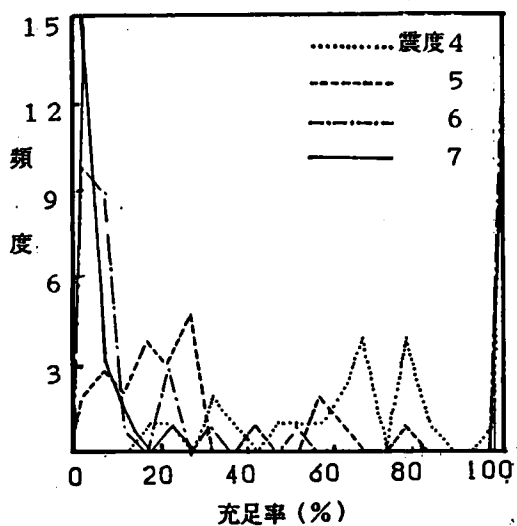


図7. 14 (c) 富山

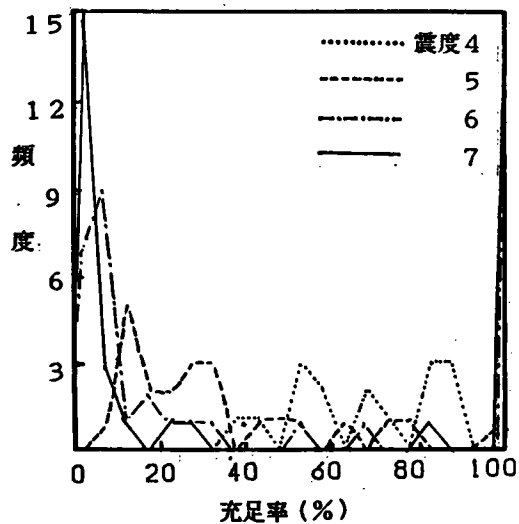


図7. 14 (d) 魚津

図7. 14 (a) ~ (d) 局所地震の震度による充足率の変化  
連絡管150mm, 広域化第3段階密

表7・11 連絡管設置による各都市の充足率変化の平均値

広域化3段階蜜結合、連絡管管径150mmと連絡管無しの場合の差

## (1) 震度4の場合

| 地区名 | 市   | 区   | 市   | 小矢 | 福波 | 庄川 | 井波 | 礪波 | 福光 | 福野 | 富山 | 大沢 | 大山 | 八尾 | 婦中 | 清川 | 立山 | 上市 | 下新 | 魚津 | 鳳凰 |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 西部1 | 高岡  | 針水  | 氷見  | 小矢 | 福波 | 庄川 | 井波 | 礪波 | 福光 | 福野 | 富山 | 大沢 | 大山 | 八尾 | 婦中 | 清川 | 立山 | 上市 | 下新 | 魚津 | 鳳凰 |
|     | 7.7 | 0.7 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 3.8 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 礪波  | 小矢  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 富山  | 庄川  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 中新  | 井波  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 下新  | 福光  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

## (2) 震度5の場合

| 地区名 | 市   | 区   | 休   | 高岡 | 針水 | 氷見 | 小矢 | 礪波 | 庄川 | 井波 | 礪波 | 福光 | 福野 | 福光 | 城端 | 富山 | 大沢 | 大山 | 八尾 | 婦中 | 清川 | 立山 | 上市 | 中新 | 下新 | 魚津 | 鳳凰 |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 西部1 | 高岡  | 針水  | 氷見  | 小矢 | 礪波 | 庄川 | 井波 | 礪波 | 福光 | 福野 | 福光 | 城端 | 富山 | 大沢 | 大山 | 八尾 | 婦中 | 清川 | 立山 | 上市 | 中新 | 下新 | 魚津 | 鳳凰 |    |    |    |
|     | 5.1 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 1.3 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 3.9 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 礪波  | 小矢  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 富山  | 庄川  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 中新  | 井波  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 下新  | 福光  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

(3) 震度6の場合

| 地区名 | 事業体 | 高岡  | 射水  | 米見  | 小矢   | 礪波 | 庄川  | 井波   | 開野  | 福光  | 越前   | 富山  | 大沢 | 八尾 | 中川 | 立山 | 上市 | 下新 | 魚津 | 黒部 |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|------|-----|-----|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 西部  | 高岡  | 2.1 | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 射水  | 0   | 1.1 | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 米見  | 0   | 0   | 1.7 | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 小矢部 | 0   | 0   | 0   | 2.8  | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 礪波  | 礪波  | 0   | 0   | 0   | -0.2 | 0  | 2.1 | -3.1 | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 庄川  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 9.1  | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 井波  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | -1.1 | 6.1 | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 開野  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | -26 | 7.2 | -0.4 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 富山  | 福光  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 3.4 | -5.6 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 越前  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 3.2  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 富山  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 大沢  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 1.3 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 中川  | 八尾  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 中川  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 立山  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 魚津  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 下新  | 黒部  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 魚津  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 立山  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 上市  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

(4) 震度7の場合

| 地区名 | 事業体 | 高岡  | 射水  | 米見  | 小矢   | 礪波 | 庄川  | 井波   | 開野  | 福光  | 越前   | 富山  | 大沢  | 八尾 | 中川 | 立山 | 上市 | 下新 | 魚津 | 黒部 |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 西部  | 高岡  | 0.7 | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 射水  | 0   | 0.6 | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 米見  | 0   | 0   | 0.6 | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 小矢部 | 0   | 0   | 0   | 1.6  | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 礪波  | 礪波  | 0   | 0   | 0   | -0.6 | 0  | 1.1 | -3.7 | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 庄川  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 4.6  | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 井波  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | -12  | 2.2 | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 開野  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | -0.1 | -30 | 2.7 | -1.1 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 富山  | 福光  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 1.2 | -7.5 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 越前  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 1.2  | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 富山  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0.3 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 大沢  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0.6 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 中川  | 八尾  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 中川  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 立山  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 魚津  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 下新  | 黒部  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 魚津  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 立山  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
|     | 上市  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

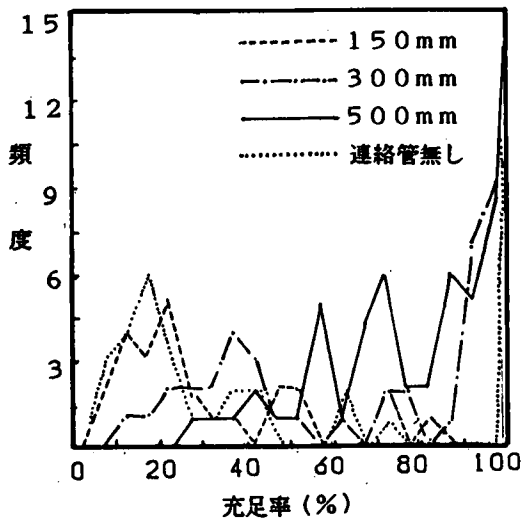


図7. 15 (a) 高岡

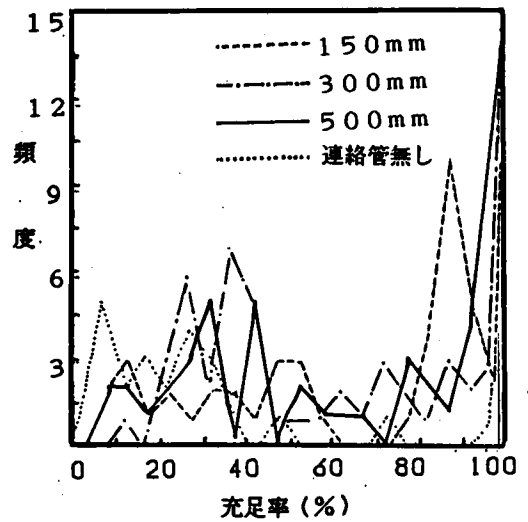


図7. 15 (b) 婦中

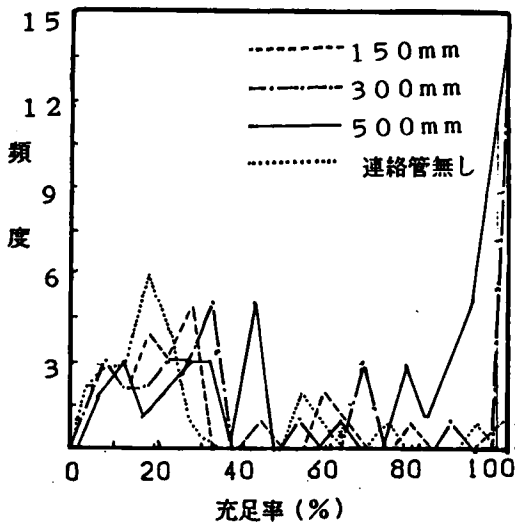


図7. 15 (c) 富山

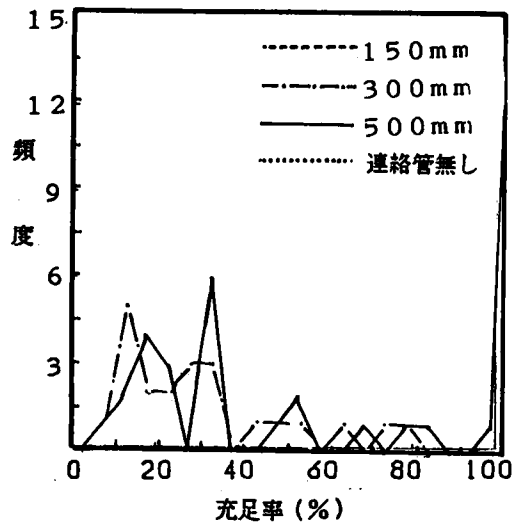


図7. 15 (d) 魚津

図7. 15 (a) ~ (d) 連絡管管径による充足率の変化  
震度5, 広域化第3段階密

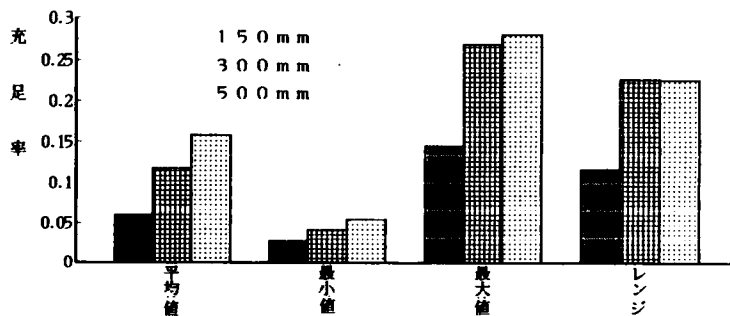


図 7. 1 6 管径による充足率の相異 震度 5  
広域化第 3 段階密

表 7. 1 2 管径の相異による近隣事業体への影響

|     | 連絡管の口径 |          |                |
|-----|--------|----------|----------------|
|     | 150mm  | 300mm    | 500mm          |
| 高岡  | 0      | 00       | 0000000000     |
| 射水  | ×      | 00       | 0000×××××××××× |
| 氷見  | 0      | 0×       | 00             |
| 小矢部 | 0      | 0        | 0××××××        |
| 砺波  | 00     | 0000000  | 0000000××      |
| 庄川  | 0      | 0        | 0              |
| 井波  | 00     | 00×      | 0××××          |
| 福野  | 00     | 00000    | 0000000        |
| 福光  | 00     | 0000     | 0000×          |
| 城端  | 0      | 00       | 00×            |
| 富山  | 00     | 00000000 | 0000000        |
| 大沢野 | 0      | 0        | 0              |
| 大山  | 0      | 0        | 0×             |
| 八尾  | 0      | 0        | 0              |
| 婦中  | 0      | 00       | 000000××       |
| 滑川  | ×      | 0        | 0              |
| 立山  | 0      | 0×       | 00×××××        |
| 上市  | 0      | 0        | 000            |
| 魚津  | 0      | ×        | 00             |
| 黒部  | ×      | 0        | 0              |

注) 1 各欄の左端は被害事業体を表す。

2. 0 : 連絡管無し～150mm～300mm～500mmの段階で2%以上の差  
有り

× : 連絡管無し～150mm～300mm～500mmの段階で2%未満の差  
有り

射水、小矢部、砺波、福野、富山、八尾、立山がある。一方、管径500mmの連絡管でも近隣事業体の平均充足率の低下を起こさせない事業体としては庄川、大沢野、八尾、滑川、黒部がある。これらの事業体は比較的規模が小さく、救援を求めても、近隣する大規模事業体により救援影響を吸収できるためであると推定できる。

以上、連絡管管径が大きくなるにつれて、被害事業体の平均充足率が大きくなること、平均充足率の低下する救援事業体の数が多くなることが判った。特に、大規模事業体が被害を受けた場合、影響を受ける救援事業体の数が多くなる。小規模事業体が被害を受けた場合は、近隣する大規模事業体等の給水余裕により事業体の平均充足率を向上させることができることが判った。

#### 7-4-4 簡易モデルによる被災の公平化効果の検討

本節においては7-4-3と同様の震災時の諸ケースに関し、被災度公平化の観点から検討した。社会的公平化の指標としては、7-2に述べたレンジ、50%レンジ、標準偏差及び不公平指数を採用している。

##### 1) 広域地震

まず、県内全域に一樣に地震が発生した場合、すなわち広域地震時について検討する。

##### (1) レンジ

広域地震、震度4、管径150mmでは、連絡管無しに比べ頻度分布体が小さい値の方に移動指定る(図7.17)。これが震度5になると連絡管無しの場合も充足率100%の方になだらかに移動している(図7.17)。さらに同じ震度5で管径500mmとするとレンジのピークは30%のところまで移動し、値が小さい方向に移っていることが判る(図7.17)。すなわち、連絡管はレンジの値を小さくする働きがあり、管径が大きいほどその効果は顕著である。

##### (2) 50%レンジ

広域地震、震度4, 5についてみる。震度4の時、連絡管無しではグラフのピークが50%のところにあったものが、150mm、広域化第3段階ではピークが40%へ、全般的に値が小さくなっている(図7.18)。震度5の場合は、連絡管有り無しいずれの場合もピークは40~30%に下がっている。連絡管有りの方が無しの場合よりわずかなが

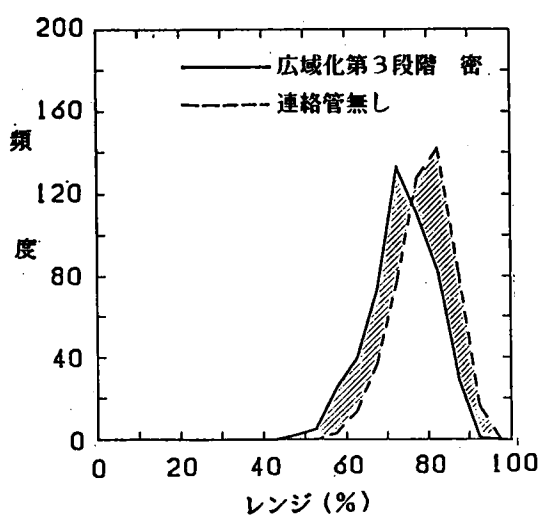


図7. 17 (a) 震度4, 管径150 mm

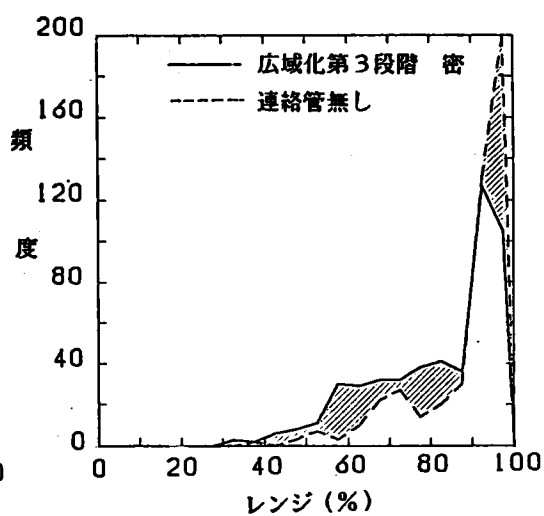


図7. 17 (b) 震度5, 管径150 mm

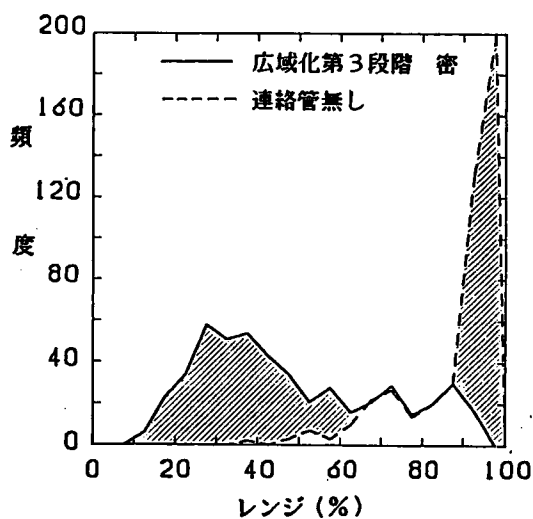


図7. 17 (c) 震度5, 管径500 mm

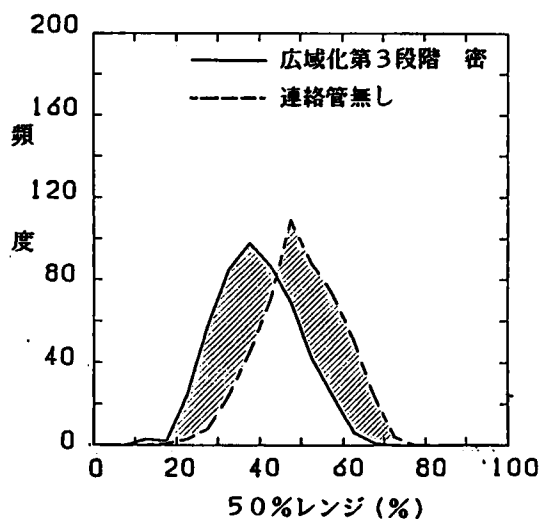


図7. 18 (a) 震度4, 管径150 mm

図7. 17 (a) ~ (c) 広域地震によるレンジの変化

らもグラフ全体が小さい値の方に移っている（図7.18）。同じ震度5、広域化第3段階密で連絡管を500mmの管径にすると、その効果は大きく、ピークは10%にまで落ちる（図7.18）。すなわち、広域地震では連絡管を敷設するとレンジの値は小さくなる傾向にあり、特に管径を太くするとその傾向は顕著になることが判る。

### （3）標準偏差

広域地震、震度4、管径150mm、広域化第3段階密では連絡管無しに比べて値が全般的に小さくなっている（図7.19）。これは震度5の場合も同様であり、管径を500mmにするとその傾向は顕著である（図7.19（b）（c））。すなわち、連絡管が標準偏差に与える影響がみられ、管径が大きくなるにつれてその程度が顕著であることが判る。

### （4）不公平指数

広域地震、管径150mm、広域化第3段階密の状態で見ると、震度4では連絡管無しに比べてピークが0の方に近付いている（図7.20）。震度5の場合も同様の傾向があり、管径を500mmとすると、その傾向は顕著で連絡管の効果が表れている（図7.20（b）（c））。

以上、広域的な地震の場合について、震度の相違による影響、連絡管の管径、広域化の段階により、充足率のちらばりにどのような変化が表れるか、また、不公平性指数への影響について分析した。

その結果、震度については、連絡管管径150mm広域化段階3密の状況では震度4と緩い地震では連絡管の有無が充足率の差異や不公平性指数にさほど変化を与えていないものが、震度5、6、7と強い地震になるほど連絡管の影響がでてくることが判った。

また、連絡管の管径については、同震度、同程度の広域化の状況では、管径が大きくなるにつれて連絡管の効果が大きいことが判る。次に、広域化の段階では、同じ段階では疎結合より密結合の方が連絡管の効果が大きいこと、また、広域化の段階がと進むにつれて公平化に対する連絡管の効果が大きくなる傾向をつかむことができた。

## 2) 局所地震時

次に、県内の特定の市町村にのみ地震が発生した場合、すなわち局所地震について検討する。



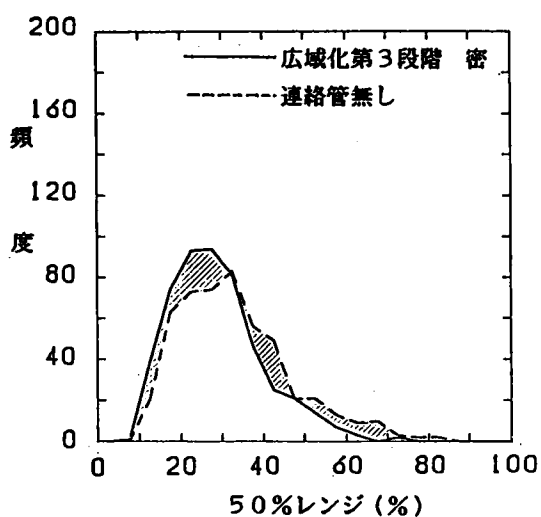


図7. 18 (b) 震度5, 管径150 mm

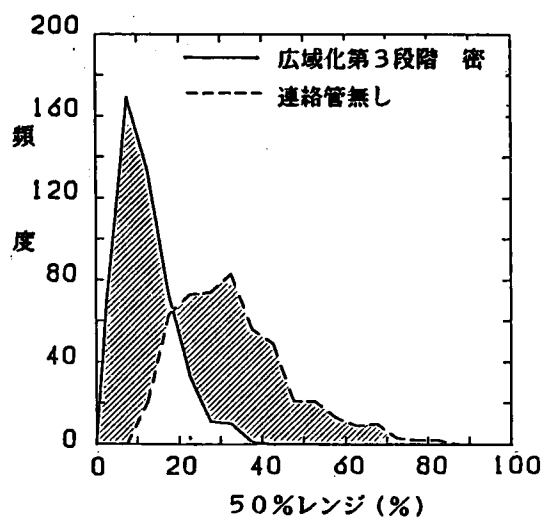


図7. 18 (c) 震度5, 管径500 mm

図7. 18 (a) ~ (c) 広域地震による50%レンジの変化

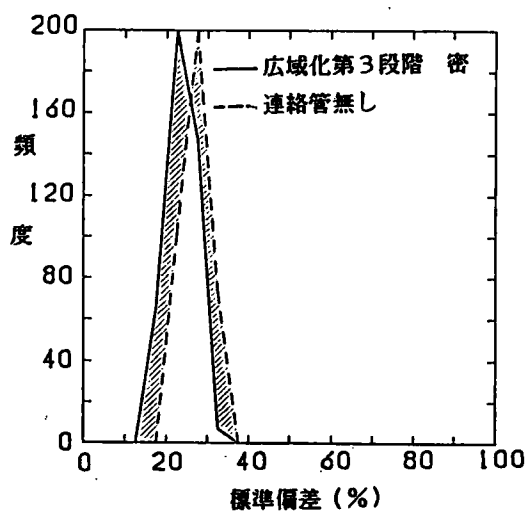


図7. 19 (a) 震度4, 管径150 mm

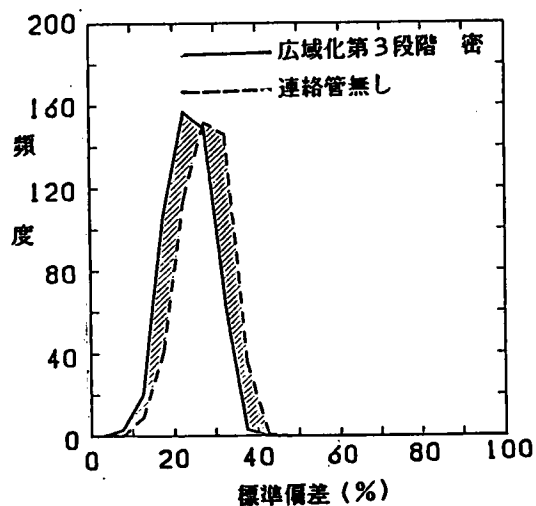


図7. 19 (b) 震度5, 管径150 mm

図7. 19 (a) ~ (c) 広域地震による標準偏差の変化

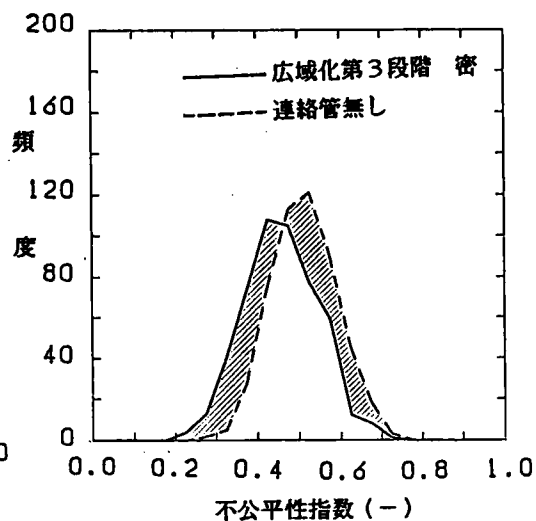
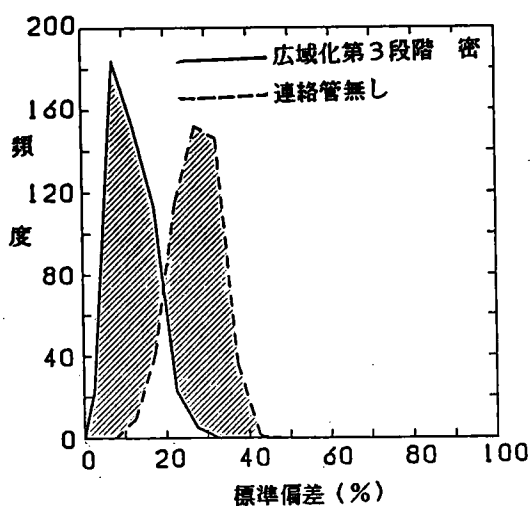


図7.19(c) 震度5, 管径500mm      図7.20(a) 震度4, 管径150mm

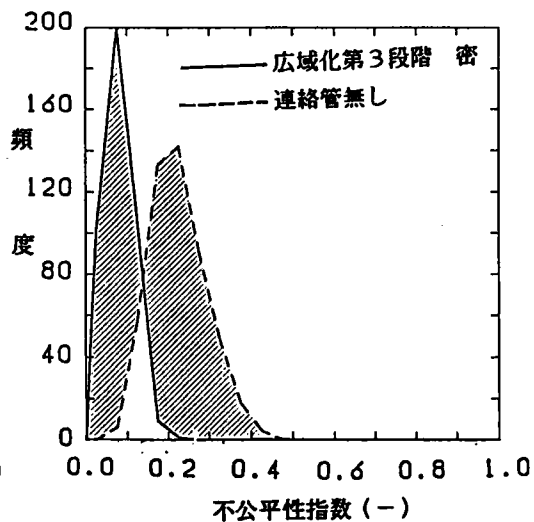
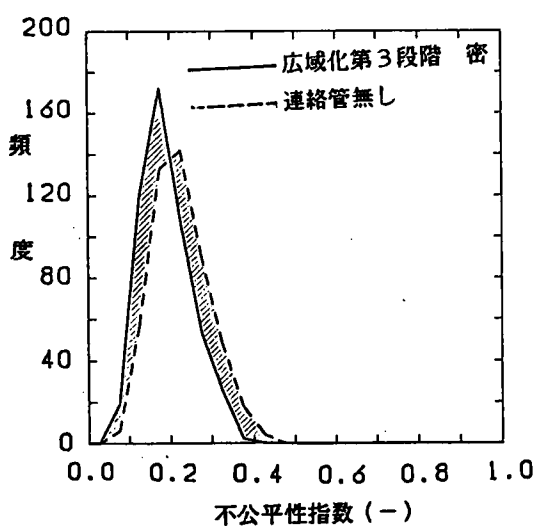


図7.20(b) 震度5, 管径150mm      図7.20(c) 震度5, 管径500mm

図7.20(a)～(c) 広域地震による不公平性指数の変化

### (1) レンジ

局所地震、震度5について述べる。管径150mmの連絡管では広域化疎の段階で、第1、第2、第3と進むにつれて値はわずかに小さくなっているがほぼ変化はない(図7.21)。密になるともう少し変化がみられるが、大幅ではなかった。これを連絡管無し、広域化第3段階疎、密について比べると、無しから疎へ、疎から密に移るにつれてレンジの値は小さい方に移っている。(図7.21(b))

連絡管管径を300mmにすると150mmであまり変化のなかったものが、わずかながらも変化がみられるようになり、さらに500mmにすると、変化は顕著になる。

疎の場合も密の場合も変化がみられ、連絡管の有無、疎密の比較では、300mmの時以上で小さくなる傾向がみられる。(図7.21(c)、(d))。

まとめると連絡管無し、広域化の段階、疎、密によりレンジの値は小さくなっており、特に管径が150mmから500mmと太くなるにつれてその傾向は顕著である。

### (2) 50%レンジ

局所地震時での50%レンジの検討はあまり意味あるものではない。対象とする災害が1事業体のみのものであり50%レンジとは給水不足率が第5、6順位のものと第15、16順位のものの差で定義されるもの(事業対数20)であるから、この50%レンジが0より大きな値になるのは、少なくとも4事業体以上が自己需要分を犠牲にして救援を行う場合に限られるからである。このような状況はそう頻繁には発生しない。連絡管管径が150mmの時には皆無であった。管径を増加させ、広域化を進めることによって若干発生することがある。(図7.22(a)(b))

### (3) 標準偏差

局所地震、連絡管管径150mm、広域化第3段階密の状態、震度による相違をみると、震度が4～5、6、7と強くなるにつれて標準偏差値も0から20%の方に推移している。すなわち、震度が強くなるにつれて偏差値は大きくなっている。(図7.23)。

震度5、管径150mmについて広域化度による変化をみると、疎の状態では広域化第1、第2、第3段階で全く変化がない。密の状態でもほぼ同じ状況にある。また、連絡管無し、第3段階疎密についてもほとんど差はみられなかったが、管径300mmについては若干変化がみられるようになる。さらに、管径500mmになると、疎結合の状態で第

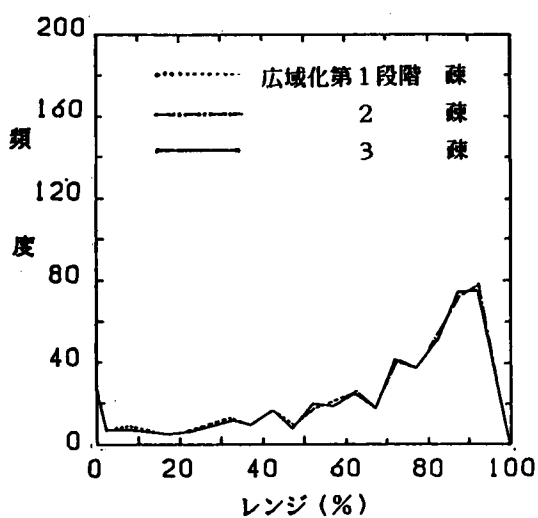


図7. 21 (a) 震度5, 管径150mm

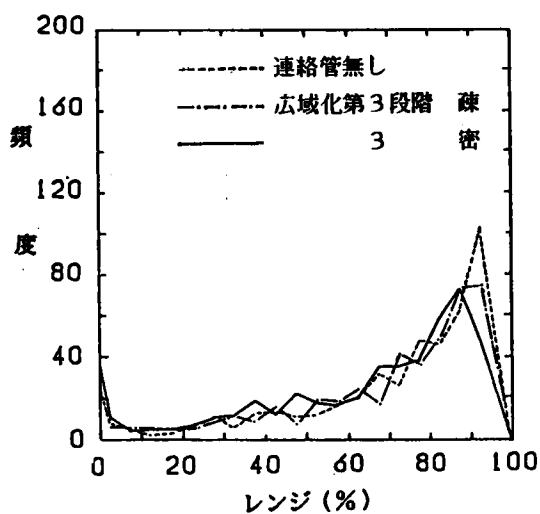


図7. 21 (b) 震度5, 管径150mm

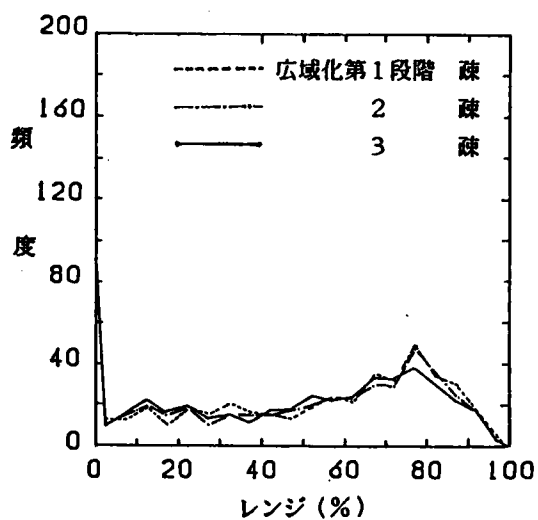


図7. 21 (c) 震度5, 管径500mm

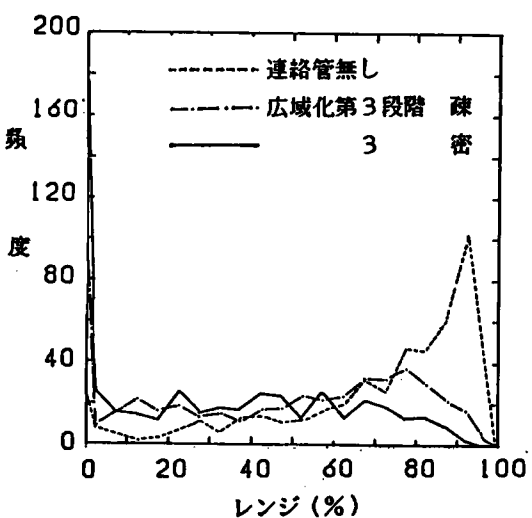


図7. 21 (d) 震度5, 管径500mm

図7. 21 (a) ~ (d) 局所地震によるレンジの変化

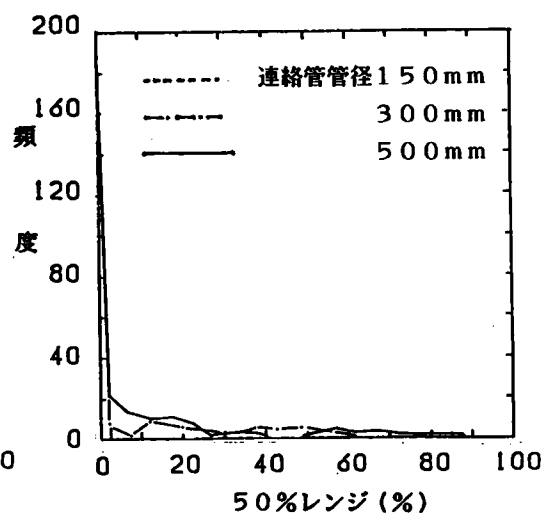
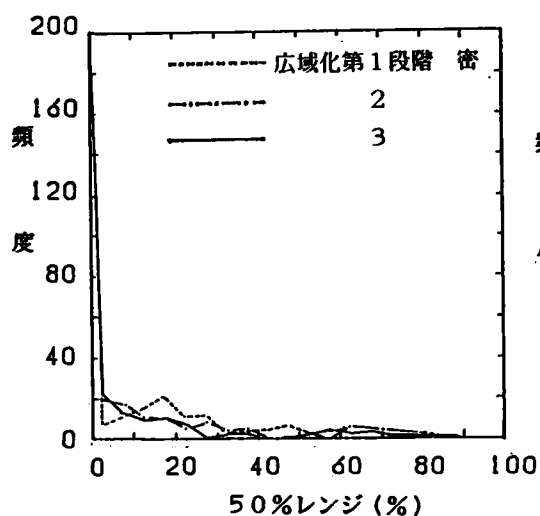


図7. 22 (a) 震度5, 管径500mm 図7. 22 (b) 震度5, 広域化第3段階密

図7. 22 (a) ~ (b) 局所地震による50%レンジの変化

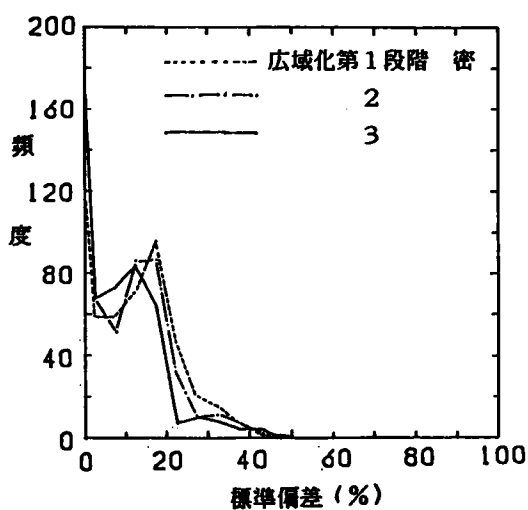
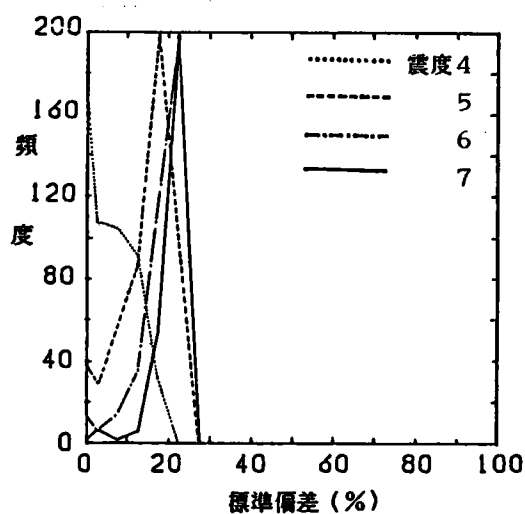


図7. 23 (a) 管径150mm, 広域化第3段階密

図7. 23 (b) 震度5, 管径500mm

図7. 23 (a) ~ (d) 局所地震による標準偏差の変化

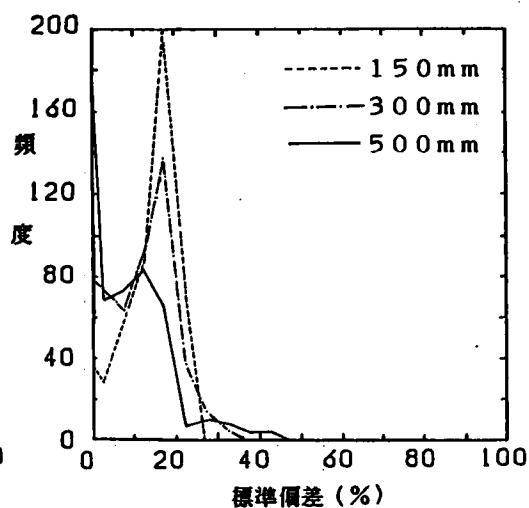
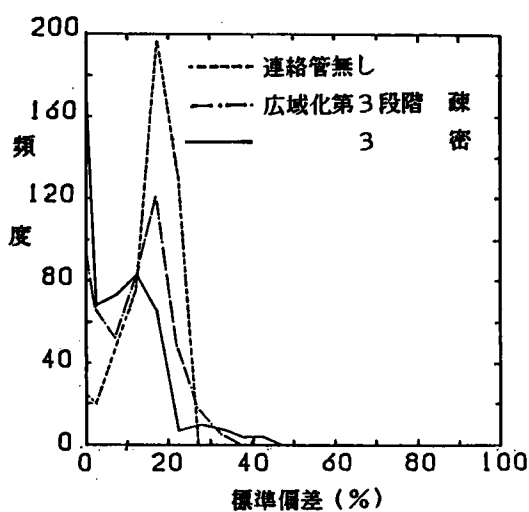


図7.23(c) 震度5, 管径500mm 図7.23(d) 震度5, 広域化第3段階

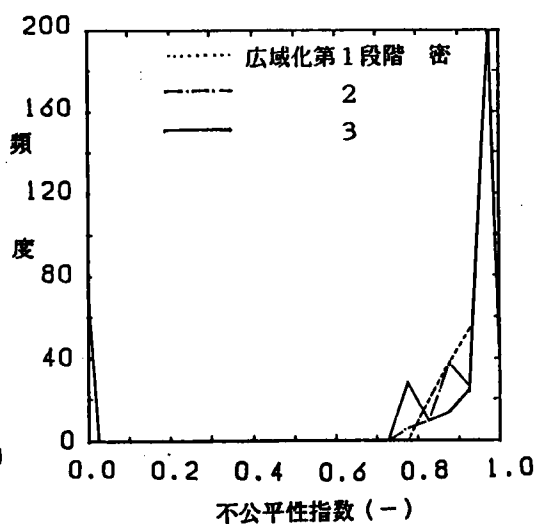
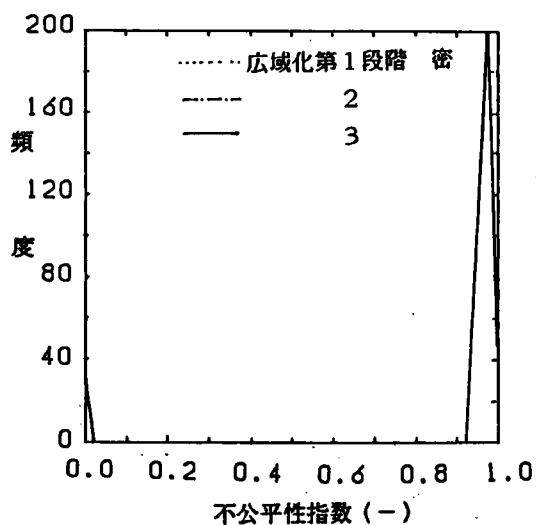


図7.24(a) 震度5, 管径150mm 図7.24(b) 震度5, 管径300mm

図7.24(a)～(c) 局所地震による不公平性指数の変化

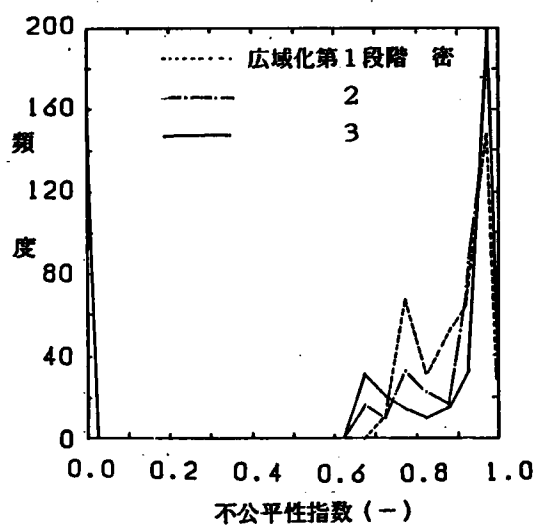


図7.24(c) 震度5, 管径500mm

1, 第2, 第3に差がみられ、密結合になるとより顕著に表れる(図7. 23)。連絡管無し、第3段階疎、密を比べると、無しから密結合に至るにつれて最頻値である20%近くの頻度が減少し、値自体も小さくなる傾向がみられる(図7. 23)。

第3段階密の状態で150mm, 300mm, 500mmの管の場合を比較すると、管が太くなるにつれて最頻値は小さくなる傾向がみられる(図7. 23)。

すなわち、局所地震の場合は、管径が150mmと小さい時は値にはほとんど影響がなく、500mmと太くなるにつれて20%前後に見られる最頻値も減少することが判る。

#### (4) 不公平性指数

連絡管径が150mm(図7. 24)の場合には広域化、震度などによらずほとんど変化は見られなかったが、300mm(図7. 24)、500mm(図7. 24)となるにつれて公平化の方向に進む。広域化の段階についても同様である。

以上、局所地震の場合について連絡管の管径、広域化の段階等により公平度のような変化がみられるか検討した。その結果、広域地震の場合と同様に広域化の段階については、疎より密の状況の方が、また、第1～第3と進むにつれて、連絡管の効果が大きいことが判った。また連絡管の管径についても管径150mmより500mmと太い場合の方が、連絡管の効果が大きいことも認識することが判明した。

#### 7-5 まとめ

本章では、社会的公平化のための連絡管の効果に関する検討を行った。富山県を事例に取り上げ、比較的家屋の分散している地域における連絡管の効果について考察した。

すなわち、富山県内の20の上水道についてこれらの事業体間に応急用連絡管を敷設した場合、震災、管路欠損等の災害による水道への影響がどの程度軽減ないしは公平化されるか、広域化の段階、連絡管敷設の疎密の状況に応じて分析した。

水不足状況の評価指標として給水充足率を取り上げた。この給水充足率について分布範囲、50%範囲、標準偏差、不公平性指数について県内の水道事業体の状況について考察した。

広域化の程度と被災状況の設定としては20事業体を数ブロックに分割し、第1～第3段階と順を追って広域化を進めることにし最終的には県下1つの水道を想定した。また、被災の状況としては震度4, 5, 6, 7を想定し、各市町村間の連絡管の口径は150mm, 300mm, 500mmの3段階を考え、連絡管敷設は疎である1本から密である複



数まで合計18段階を想定した。

詳細なモデルによる連絡管効果の定量化では比較的詳細な管網解析により連絡管効果の定量化を試みた。計算結果は、富山県全域に一律の地震が発生した場合と、特定の事業体だけにのみ発生した場合について表した。その結果としては例えば広域化が進むにつれて高岡市、小矢部市等給水充足率が改善されているところが見られるものの、全県一律の地震では広域化の程度、管敷設の疎密によってそれほど大きな改善が見られないことが判った。

つぎに簡易モデルによる連絡管効果の定量化を行い、その検定と検証は前述の詳細モデルの場合について行ったところ比較的良好な成績を得た。

そこで、この簡易モデルによる給水充足率変化の解析を行った。考察対象は、連絡管無し、300mm、500mm径に広域化設置密度6段階を組み合わせた18ケースとし、これに地震震度を4、5、6、7と変化させ、かつ、全県一律の広域地震と1事業体のみの局所地震について想定した。その結果、広域地震の場合は管径150mmでは連絡管効果がほとんど無いが、500mmとすると充足率の高くなる場所が見られた。局所地震の場合は、震度が大きくなるにつれて充足率に変化が見られることが判った。管径による充足率率の変化をみると太くなるにつれて効果が大きくなること、また平均充足率の低下する救援事業体の数が増えることが判った。

## 第Ⅳ編 結 論

## 第8章 結論

### 8-1 総括

本文では、社会的公平化を目標にした水道の広域化、広域配水システムについて検討を行った。

第1章の広域配水システムの分析と考察ではまず水道の歴史的考察を行った。わが国の水道の発展経緯では、変遷の時期を、水系伝染病対策期、戦後の復興期、高度経済成長期に分類した。水系伝染病対策期は明治から第2次世界大戦前までであり、この時期は水系伝染病の防止等公衆衛生対策を中心とした都市施設として水道の建設が行われ、いわば安全度中心の時期であった。

戦後の復興期は、昭和20年の終戦後から昭和30年初めまでの大都市では漏水防止対策、その他の地域では農山漁村も含めて普及中心の時代として位置付けした。この時期は地域的な平等性が注目され始めた段階とも位置付けできるとした。

高度経済成長期は、水道法制定以降オイル危機までの間であり、わが国の高度経済成長と並行して水道の普及拡張が進められた時代であり、合理性が追求され始めた段階として位置付けできるとした。

広域水道の歴史的変遷では、明治以降今日まで5つの期間に分類した。その一つである戦前の広域水道は、首都圏、近畿圏等の水不足地域にあって水不足解消のため、比較的大規模な都市を中心に広範囲な地域を対象に広域化を行っているのが特徴とした。

また、戦後から昭和32年の水道法制定までの広域水道の特徴は、水道未普及地域対策や炭坑や工業地域であって急激な水需要に応える必要性より発足したものが多かった。また、昭和32年から広域水道に対する補助制度が始まるまでの間は小規模の末端広域水道も発足していることが特徴とした。

その後、昭和42年から水道法が改正されて水道の広域化が法的に上げられる昭和52年までの特徴は末端給水において地域較差の解消等を目標とした中規模の水道が発足していることである。それ以降は広域的水道整備計画に基づき水道事業が発足していることが特徴である。

既設広域水道としての水道用水供給事業の発足では、全国の水道用水供給事業及び広域水道事業についてその設立の経緯、その後の変化過程、今後の検討課題等についてアンケートを行いその分析を行った。その内容として、広域化発足直前の状況、広域化直前の問題点、広域化の目的、効用等広域化に関する事項を上げた。広域化前の問題点を時代的にみると、伝染病は問題意識として昭和20～31年をピークに減少し、昭和42年以降は皆無となっており、水道建設の目的が衛生面の向上から他の目的に移行していることが判

った。また、全時代を通じての問題は、水需給の不均衡であり、最近の問題としては、地域格差、地盤沈下、給水安定性が上げられ、普及率や伝染病は時代の経過とともに衰退していることが判る。

水道の現状考察では、本研究目的に関係の深い施設整備、機能の向上、経営基盤の強化について取り上げた。その中で、安定的な水道施設の整備として、給水の相互融通、原水調整池と大容量配水池、配水のブロックシステムについて紹介した。また、水道広域化計画の推進方法について取り上げた。水道の安定度の向上策としては、水道事業体自ら取り組む課題と広域化することによってできる課題に分けた。また、広域化の長所、短所を上げるとともに、水道広域化についてわが国の現状からみた課題を取り上げた。

水道広域化の規模については、全国一本の水道、全国数ブロック、都道府県毎、県内数ブロック広域化を上げ、それぞれについて検討した。水道広域化の形態としては、水道用水供給事業、同一都道府県内の水道事業の統合、再編成、同一市町村内の水道の統合、再編成、水道施設面における広域化を上げた。

公平化の観点からの水道広域化計画としては、現在の水道事業からみて直ちに統合、再編成することは困難なことから、当面は水道施設面における広域化、中でも連絡管付設の重要性を上げた。

第2章の公平化を目標とした水道広域化の意義と本研究の目的では、安定化の意味と意義、公平性の意義と本研究の目的について論じた。

水道の安定化については具体的な事業目標が徹底していないので、狭義の安定化と広義の安定化について考察することにした。広義の安定化には、安全性、快適性、平等性、合理性などの要素から成り、狭義の安定化は特に安全性要因に強く関係しているとした。

公平性の意義は、水道が国民生活に密着した公共施設であり、幅広く利用されているとはいいながら、本来、量、質の面で地域によって格差を生じるべき正確のものではなく、その公平性が強調されるべきものであるとした。従って、本研究の目的は水道の現状について公平性の視点から分析するとともに、社会的公平化を目標とした水道広域化計画に関する分析、考察を行うことにおいた。

第3章の水道の社会的公平化と広域化規模に関する分析では、既設水道の広域的特性分析、首都圏水道施設の均質性評価、水道事業の費用分析を行った。

既設水道の広域的特性分析では、1965年と1979年の2時点における全国13ブロックに分類した地域の水道水の需要と供給の関係を分析した。総人口の地域動向では、この15年間に太平洋ベルト地帯に集積の傾向がみられたが、水道の普及率は全国的に普及が促進された結果、平均化の方向にあることが判った。水道の年間給水量についても、従来少なかった地域での増加が目立ち、一定の地域に片寄ることなく平均化されつつあることが判った。

年間取水量は、トータルからみると地域間の格差は小さくなる傾向にあるが、水源別の取水量をみると、その地域の地理的条件を反映して地域毎の特性がみられた。例えば、表流水はどの地域も増加の傾向にあるが、中でも関東臨海、近畿臨海、東海の大都市圏域をかかえている地域で全国の63%を占めていることが判った。

首都圏水道施設の均質性評価においては、東京、神奈川、埼玉、千葉の都県を取り上げて、人口、水源、浄水種別、稼働率、配水管容量等幾つかの項目についてその特性を分析した。その折り全国値を一つの目安として、その値からどの程度の差異があるかを表し、都県毎の総合的な評価を行った。その結果、4都県に類似点のあるところとそうでないところがみられ、それぞれ都県毎に特性があることが判った。

水道事業の費用分析では、建設中ないしは計画中の全国の水道施設を対象にして、規模別、水源の種類別に施設等の建設費にどのような特性がみられるか調べた。施設の建設費については地域別の建設単価を算出し、地域により差異があることが判った。また、表流水、地下水等水源の相違により水道の施設毎に建設単価に特性がみられるか分析した。水道の規模の大小による差も分析した。また、設備の装備率というものを定義付け、水源別の特性を調べた。

第4章では、広域化の限界に関する分析と近畿圏を事例に取り上げて行った。近畿圏のように大都市圏をかかえている地域における水道の広域化は料金格差の是正等均一化の面では圏域内一つの水道とすることも考えられるが、地形等の観点から経済性を考慮すると同じ圏域の中でも自ずと広域化の範囲に限界があることが判った。

第5章では、富山県の水道における広域化計画の事例を上げた。富山県を幾つかのブロックに分け、現在は個々の市町村毎の水道をブロック毎の水道に、またブロックの統合を行って最終的には県下1つの水道にするという広域化経過について検討した。その場合、現在の水道では市町村の水道事業体毎に給水原価に較差が生じているものを平準化の方向に持って行くに当たっての算定を行った。ここでは、主として水道料金の平準化に焦点をあてて検討した。その結果、水道料金の面では広域化を進めるにつれて平準化されることが判った。

第6章では、広域配水管網の解析方法の開発を行った。配水管網を解析する方法は、ハーディクロス法が提唱されて以来、種々の改良が加えられて現在に至っているが、実際に管網を取り上げて計算する場合、管網の節点数、ループ数が多く計算機容量をはるかに越えることが多い。

本文では、現実の配管を極力正確に取り上げた上で、二次元流の数値計算法を活用することによって広域的な管網を段階的にではなく一括して解くことを検討した。

この方法によって地域的な管内流動特性を総括的に表示しうるか否かを数値計算法として具体化すること、さらに敷設管路に関する詳細な資料に欠ける地域についても、人口デ

一タだけから、総括的流動特性を再現し得ないかなど本方法の実用化を主たる目的として検討した。

第7章では社会的公平化のための連絡管の効果に関する検討を行った。

詳細モデルによる連絡管の効果分析では、富山県の20水道事業体を連絡管で連結させた時、管路破損あるいは欠損による残存水頭低下がどの程度変化するか計算機シミュレーションを行った。災害として、富山県全域に一樣に地震が発生した場合と、特定の1事業体に発生した場合について解析した。その結果、広域化の程度、連絡管の敷設の仕方によって、災害を受けた事業体への救援効果が異なることが判った。

簡易モデルによる連絡管効果分析では、簡易モデルを開発し、詳細モデルの場合との検証を行った。その結果、比較的良く整合性がとれていた。簡易モデルのもとに、富山県内20水道事業体の連絡管効果を、震度、連絡管管径、敷設の疎密等変化させて比較検討した。その結果、広域化の程度、管径、敷設の状況等により連絡管効果が異なることが判った。また、地域によっては、広域化による効果が非常に大きいところと、広域化はあまり影響しないところがみられた。

以上、合理的広域配水システムについて、わが国の水道広域化問題がかかえている特異性等を踏まえて検討を行った。わが国の水道が普及の面でも90%以上の状態にあり、これを社会的公平性の面でいかにして格差を是正していくかということが本研究の取り組みの上での基本的な課題であった。そのため、首都圏、近畿圏等の大都市圏及び地方の都市の特性をみいだすため富山県の事例を取り上げた。その結果、本研究の主要テーマである事業体間の連絡管の効果については、管径、連絡の状態、広域化の程度等により差異が認められることが判った。

## 8-2 水道広域化計画の提言

公平化の観点からすれば、全国の水道に質量両面において格差が生じることは好ましいことではない。そのようなことからすると全国一本の水道とし、施設面における均一化、経営、料金面での較差是正を行うことは一つの方策と考えられる。しかしながら、既に述べたように水道施設は従来から市町村優先で建設、経営が進められてきたわが国の歴史的経緯があることから水道事業の統合再編成が難しいこと、全国の水道を一つの施設として整備連絡することは経済性の点からすると不合理となること等の問題が残る。

本論文においては、全国13ブロックに分けた地域特性、首都圏、近畿圏、富山県を事例として取り上げた。その結果全国13ブロックについてはそれぞれの地域特性があり、全国一律に同じパターンで広域化を進めることが良いのかどうかという疑問点が残った。また、首都圏、近畿圏のような大都市をかかえている地域においてもその内部において水

道施設に相違点があり、かつまた現存のすべての施設を統合して一つのシステムとするには効率面で不経済となる地域が存在することが判った。また、富山県のように家屋の散在している地域では、施設面でみると一つのシステムとすることにより必ずしも良い効果が上げられるとは限らないところが存在することも判った。

水道の広域化問題を計画論的な面から捕らえると、市町村毎に経営されている現行の水道の姿を抜本的に見直し、地理的条件等を中心とした広範囲における水道の建設・経営が考えられる。しかしながら、市町村毎の水道を一举にまとめて広域水道とするには抵抗も大きいし、また、全国の地域でそのような広域水道の形態とすることが必ずしも最善の策とは限らない。

そこで、水道広域化の基本的段階としてまず隣接市町村との緊急連絡管を設置し、水道施設面における水道の広域化を図り、安定性の向上を目指すことを提言する。市町村間に連絡管を敷設すると、緊急時に水の公平配分の点で効果があることが判った。ただ、富山県、近畿圏の事例研究でも判明したように県下一律に連絡管を敷設すれば良いというものではなく、地域によっては連絡管敷設の効果がほとんどみられないこともある。従って、連絡管を敷設する場合には管径、本数、経済性等を検討して実施する必要がある。また、本研究では、連絡管は緊急時のみ使用することになっているが、通常時においても水の相互融通を行うことにより、地域全体の公平な水配分を考慮する。

この連絡管の整備については、筆者が滞在した富山県では県費をだしてその推進を図っている。その他の地域においてもいくつかの市町村において設けられている。

水道行政の観点からすれば、既に触れたように水道水の公平な地域内配分ということから水道用水供給事業の推進も広域化の過渡的な姿として是認し、むしろ積極的に進めるべきと考える。

また、水道用水供給事業から卸売りをうけている水道事業体は水道施設の面からすれば水道用水供給事業の施設によって有機的一体に結ばれていることでもあり、将来の姿としては、地理的条件等を考慮しながら1つの広域水道の姿を志向すべきと考える。

### 8-3 残された課題

本研究においては、社会的公平化の観点から水道の広域化について具体的事例のもとに論述した。その結果、今後水道の広域化を進めるにあたっては、全国画一的なものではなく、地域の実情に応じた広域化を進める必要があることが判った。

しかしながら、今後水道の広域化を進めるにあたって、地域の実情に応じてどの程度の範囲を計画区域にすべきか、適正規模についての定量化は今後の具体的な研究に待たなければならない。

第2点は水質問題である。本研究では水量に重点を置いて水道の広域化について分析検討を行ったが、水質面の検討はほとんど行っていない。水道にとって水質は水量と同様に重要な要素である。特に広域化するとなれば複数水源を有することが多くなり、幾つかの水源からの原水を混合した場合の水質に与える影響は、水道施設にとって重要な課題である。

また、広範囲な地域を給水対象とすることから、浄水場近辺における水質と遠隔地点での水質には自ずと変化が生じる。特に最近問題になっているトリハロメタン等のいわゆる発ガン性物質の挙動等は水道が国民の健康問題と重要な係わりを持っていることから重要な課題といえる。

第3点は、水源との係わり合いである。水道の広域化問題は、原水の公平配分、即ちいかにして水源を確保するかと大きな関係を持っている。本研究においては、主として水道施設における広域化問題を論じているが、複数水源をどのように組み合わせて合理的な水供給を行うかということは水道広域化の基本的課題である。そのようなことから地域の水文特性を考慮した水道広域化の研究を進める必要がある。

第4点は、水源に関連して、水道の広域化を進めると、大規模化の方向に進みがちであり、えてして従来から利用してきた小規模施設とりわけ水源それも地下水源を放棄する傾向にあることである。即ち、水道広域化の上で従来からの既設水道施設をどのように組みこんでいくかという点についての質の向上と経済性との関連の研究は今後の課題である。これは白地の地域における広域水道の進め方が既設水道を認めた上で、総合的に広域化を進める上でどう取り組むかということである。

第5点は、飲料水専用水道と雑用水道との課題がある。一部の地域においては水洗便所用水等雑用水道の建設が進められているが、2系統水道の建設となると水道の広域化もその観点からの検討が必要である。

水道に対する特に水質面における不安から最近パック入りの飲料水がわが国においても普及が進んでいる。ヨーロッパと同じように飲料水はビンなりパック入り中心に進めるか、それとも飲料水専用の水道施設を設けるか水道広域化を論じる上でも重要な課題である。



## おわりに

本研究に当って、当初、施設整備、維持管理等の点で格差の無い水道、すなわち社会的公平化を目標として全国的な観点で水道計画を策定できないものかと考えた。しかしながら研究を進めるにつれて、水道を建設する場合、地理的条件、水源の状況、水道の規模等の特性を考慮した上での広域水道計画の策定が社会的公平化を目標とすることによって重要であることが判った。

おわりに、本研究を行うにあたり、研究着手の段階から、貴重な時間をさいて、終始一貫して懇切で適切かつ親身な御指導、御鞭撻を賜った京都大学教授住友恒博士に心から感謝いたします。また、本研究を遂行するに際し、有益な示唆と御教示を賜った京都大学教授寺島泰博士、同宗宮功博士に対し謝意を表します。また、本研究の遂行にあたって、特段の御指導、御援助を頂いた京都大学講師松岡譲博士および国立公害研究所原沢英夫博士に感謝の意を表します。本論文の作成には、筆者が席を置いた厚生省水道環境部、環境庁の関係者に負うところ大であり、暖かくご支援を頂いた元水道環境部長山村勝美、前水道環境部長森下忠幸、水道環境部長杉戸大作、環境庁長官官房参事官小林康彦の諸氏および御協力頂いた山村尊房、早瀬隆司、鎗木儀郎氏始め関係各位に感謝いたします。

最後に、本論文で使用した資料は、厚生省、関係地方自治体から提供して頂いたものであること、これの計算、解析は京都大学大型電算機センターのコンピュータを用いて行ったことを付言しますとともに、使用させていただいた関係各位に対し感謝いたします。

## 参考文献

### 第1章

- 1) 日本水道協会；日本水道史・総論編（昭42）
- 2) 厚生省水道環境部水道行政研究会；水道行政－仕組みと運用－ 日本水道新聞社
- 3) 山村勝美；上水道の水質管理上の諸問題とその技術的対応に関する二・三の研究  
京都大学学位論文
- 4) 山村勝美；我が国の水道水質基準に関する歴史的経緯 昭和53.6  
水道協会雑誌
- 5) 水道条例 明治23年2月13日 第1次改正 明治44年
- 6) 厚生省水道環境部水道法研究会；水道法逐条解説 日本水道協会
- 7) 厚生省 簡易水道施設整備費国庫補助制度 昭和27年
- 8) 水道法 昭和32年 改正 昭和52年
- 9) 公共用水域の水質の保全に関する法律 昭和33年
- 10) 工場排水の規制に関する法律 昭和33年
- 11) 水質汚濁防止法 昭和45年
- 12) 厚生省 水道水源等開発施設整備費国庫補助要綱 昭和42年
- 13) 公害審議会水道部会；水道の広域化と水道の経営、特に経営方式に関する答申  
（昭41）
- 14) 生活環境審議会水道部会；水道の未来像とそのアプローチ方策に関する答申  
（昭48）
- 15) 国川建二；水道の未来像とそのアプローチ方策に関する答申の審議過程とその概要  
昭和48.11 水道協会雑誌

- 16) 水道法改正 昭和52年
- 17) 厚生省 広域的水道整備計画の設定 昭和52年
- 18) 厚生省；首都圏水需給総合計画調査（広域水道計画調査）報告書 昭和56年度
- 19) 坂本弘道、今田俊彦、山村尊房；実態調査データによる広域水道計画要因の分析  
昭和58年11月 水道協会雑誌
- 20) 坂本弘道、今田俊彦；広域的水道の圏域設定の方法論に関する考察  
1984. 1 衛生工学研究論文集 土木学会衛生工学委員会
- 21) 厚生省水道整備課編集；水道実務六法（昭60）
- 22) 生活環境審議会；高普及時代を迎えた水道行政の今後の方策について（答申）  
昭和59. 3. 26
- 23) 坂本弘道；水道の原点を考える（上、中、下）水道産業新聞（1978. 9. 4  
， 9. 11， 9. 21）
- 24) 国川建二；水道計画の動向と課題 昭和45. 1 水道協会雑誌
- 25) 丹保憲仁；水道の未来像 昭和54. 9 水道協会雑誌
- 26) 行政管理庁行政監察局；水資源の利用に関する調査結果報告書 昭和55. 10
- 27) 水源水質事故対策特集 昭和51. 11 水道協会雑誌
- 28) 土本吉夫；東京都における広域水道事業経営 昭和54. 8 水道協会雑誌
- 29) 柏原恵一；埼玉県営水道の現況と将来 昭和54. 8 水道協会雑誌
- 30) 藤岡宏；神奈川県下における広域利水 昭和54. 8 水道協会雑誌
- 31) 広域水道研究協議会（神奈川県）；広域水道問題に関する報告書 昭和40. 3
- 32) 小林康彦監修；イングランド及びウェールズにおける水制度の再編成に関する諸  
事情 昭和48. 12 水道協会雑誌

- 33) 小林康彦監修；イングランド及びウェールズ水法（1）昭和49．1  
（2）昭和49．2 水道協会雑誌
- 34) 坂本弘道；ヨーロッパ見て歩記 昭和46 環境衛生
- 35) 日本水道協会；水道施設設計指針・解説 1977年
- 36) 坪田健児；有収率向上に関する諸問題 昭和45．9 水道協会雑誌
- 37) 田中博；神戸市における水道事業経営 昭和55．2 水道協会雑誌
- 38) 日本水道協会；水道施設耐震工法の手引き 昭和55．3
- 39) 地震対策特集号；昭和54．11 水道協会雑誌
- 40) 渇水対策特集号；昭和54．7 水道協会雑誌
- 41) 扇田彦一他5名；渇水対策の推進方策に関する考察 （1）昭和58．9  
（2）昭和59．1 水道協会雑誌
- 42) 諏藤猛他； 渇水対策の現況と問題点 昭和54．12 水道協会雑誌
- 43) 建設省；緊急備蓄ダム
- 44) 厚生省；日本の水道 バンフレット 1966～1986
- 45) 水道法
- 46) 厚生省；広域的水道整備計画内の水道事業への国庫補助制度
- 47) 住友恒；安全性からみた広域水道の適正規模 水道協会雑誌（1981）
- 48) 坂本弘道；わが国の水道の広域化について 衛生工学研究シンポジウム講演論文集（1978）
- 49) 坂本弘道；広域水道圏のモデルプラン論、水道公論（1972）
- 50) 住友恒；安全性からみた水道の広域化目標の具体化 水道協会雑誌（1981）
- 51) 坂本弘道；わが国の水道広域化について 第31回全国水道研究発表会講演集

## シンポジウム（１９８０）

### ５２）坂本弘道；簡易水道への提言 昭和５７．１０ 水道公論

#### 第２章

- １）国沢清典編；確率統計演習１，２ 培風館
- ２）三根久、河合一；信頼性・保全性の数理 朝倉書店
- ３）牧野鉄治、野中保雄；信頼制工学 日科技連
- ４）新村出；広辞苑 岩波書店
- ５）住友恒、松岡議、安田正人；水道水源の安全性評価 昭和５７．１  
水道協会雑誌

#### 第３章

- １）坂本弘道；水道用水の需要予測について 土木学会等主催第１回水資源に関するシンポジウム論文集（１９７７）
- ２）坂本弘道、山村尊房、須藤欣一；水道水の需要の動向と水源開発の経緯について 土木学会等主催第２回水資源に関するシンポジウム論文集（１９８２）
- ３）岡沢和好；水道用水需給の長期見通し－長期水需給計画の資料から 水道協会雑誌（１９７９）
- ４）坂本弘道；わが国の水道水の需給分析 昭和５７年１１月 水道協会雑誌
- ５）日本水道協会；水道統計（昭和４０、５４）
- ６）国土庁；長期水需給計画 昭和５３．８．１
- ７）厚生省環境衛生局水道環境部；首都圏水需給総合計画調査報告書（昭和５４～５６）
- ８）厚生省環境衛生局水道環境部；水道における安定供給システムに関する調査報告

書（昭和55～57年度調査）

- 9) 坂本弘道、萩原良巳、山村尊房；広域的水道計画手法に関する考察1, 2  
水道協会雑誌（昭和58. 6, 昭和58. 7）
- 10) 船木喜久郎他；これからの関東の水道を考える 昭和54. 8 水道協会雑誌
- 11) 友野勝義；水道における拡張事業規模の経済 昭和52. 12 水道協会雑誌
- 12) 小林康彦、坂本弘道、芳賀秀寿；水道事業における建設事業費 水道協会雑誌  
（昭和41）
- 13) 小林康彦；水道事業における建設事業費の分析 第17回水道研究発表会講演  
（1966）
- 14) 厚生省環境衛生局水道課；昭和41年度における水道事業計画と資材需要  
（1966）
- 15) 厚生省環境衛生局；ダム実態調査（1965）
- 16) 坂本弘道；水道の規模別特性に関する一分析 昭和60. 4 水道協会雑誌

#### 第4章

- 1) 藤原啓助；大阪市における水需給と施設整備 昭和56. 8 水道協会雑誌
- 2) 中川淑；大阪府営水道第7次拡張工事の概要 昭和56. 8 水道協会雑誌
- 3) 村尾正信；神戸市水道の技術的課題 昭和56. 8 水道協会雑誌
- 4) 河相則夫；ダイナミックスモデルによる府営水道長期ビジョンの検討  
昭和58. 2 水道協会雑誌
- 5) 大阪府水道部；府営水道と市町村水道の有機的結合に関する調査報告書  
（昭和56年3月）
- 6) 橋元徹志；水資源の現状と合理的利用への展望 昭和56. 6 水道協会雑誌
- 7) 厚生省環境衛生局水道環境部；近畿圏内利水調整施設調査報告書  
（昭和58年3月）

## 第5章

- 1) 坂本弘道；富山県の水道広域化 水道協会雑誌 昭和50. 10
- 2) 高岡地区広域水道調査協議会；高岡地区広域水道基本計画調査報告書 昭和49. 3
- 3) 富山地区広域水道調査協議会；富山地区広域水道基本計画調査報告書 昭和48. 3
- 4) 砺波・小矢部地区広域水道連絡協議会；砺波・小矢部地区広域水道計画調査報告書 昭和47. 3
- 5) 柏樹重作；砺波広域水道企業団の設立経緯と現況、富山の水道、1974
- 6) 射水郷広域水道連絡協議会；射水地区広域水道基本計画調査報告書 昭和47. 3
- 7) 鷲塚利夫；射水上水道企業団の創設の経緯、水道協会雑誌 昭和47. 11
- 8) 厚生省；富山・黒部地区水道計画調査報告書 昭和50. 3
- 9) 中村隆；愛知県における広域水道 昭和55. 8 水道協会雑誌
- 10) 富山県；水道料金平準化調査報告書 昭和50. 3
- 11) 富山県広域水道事業研究会；富山県の水道事業のあり方について 昭和49. 1
- 12) 中新川広域水道連絡協議会；中新川地区広域水道基本計画調査報告書 昭和47. 3
- 13) 新川広域圏事務組合；下新川広域水道基本計画調査報告書 昭和47. 3

## 第6章

- 1) 住友恒、坂本弘道；広域管網流の2次元解析の可能性 水道協会雑誌 昭和58. 10
- 2) 沢田和昌；広域配水管網のブロック化に関する研究

京都大学卒業論文 昭和60年2月

3) 東幸毅; 二次元解析法を用いた広域配管網に関する研究  
京都大学卒業論文 昭和60年2月

4) 住友恒、川人健二; 広域管網流の二次元解法とその検証 昭和59. 6  
水道協会雑誌

5) 住友恒; 地震による配水管被害のメッシュ分析 昭和57. 5 水道協会雑誌

6) 雄倉幸昭; 面的評価にもとづく都市配水計画に関する研究  
京都大学学位論文 昭和50年4月

7) 土木学会; 水理公式集 昭和38年8月

8) 仙台市住宅図

## 第7章

1) 富山県(1984) 富山県の水道の現況、富山県厚生部環境衛生課、197p

2) 富山市水道局(1983) 水道事業年報、昭和57年度、103p

3) 住友恒・松田佳憲・藤谷真人(1982): 地震による配水管の被害多発地域の分析と予測、水道協会雑誌、第574号、12-20

4) 亀田弘行(1984): 上水道管路網の信頼度解析モデル、(志賀敏男編) 大都市における都市生活機能の被害予測とその保全システムに関する研究、文部省科学研究費、自然災害特別研究成果、A-58-1、180-184

5) 鈴木繁(1979): 1978年宮城県沖地震による水道施設の被害とその教訓、水道協会雑誌、第542号、66-103.

6) 土岐憲三(1979): 上水管路の震害予測に関する調査、大阪市防災会議地震専門部会、73pp.



- 7) Doland, J. J. (1941) : Flow and loss of head in distribution systems.  
Journal of Am. Wat. Works Assoc. , 33 (2) , 234-238
- 8) McPherson, M. B. (1961) : Generalized distribution network head-loss characteristics, Trans ASCE, Vol. 126, 1190-1134
- 9) Gilman, H. D. , Goodman, M. Y. , and DeMoyer, Jr. R. (1973) : Replication modeling for water-distribution control, Am. Wat. Works Assoc. , 65 (4) , 255-260
- 10) DeMoyer, Jr. R. , hORWITZ, l. b. (1975) :  
Macroscopic distribution system modeling, Am. Wat. Works Assoc. , 67 (7) , 377-380
- 11) 沢田和昌 ; 広域配水管網におけるリスクアセスメントに関する研究  
1987. 2. 16 京都大学修士論文